

4 种蛋白质饲料对幼龄獭兔饲用价值的比较研究

李清宏,王晓丹,高瑞斌

(山西农业大学 动物科技学院,山西 太谷 030801)

摘要:为了评定豆粕、玉米蛋白粉、棉粕、菜粕等4种蛋白质饲料在獭兔幼龄阶段的营养价值,试验以3月龄獭兔为研究对象,通过化学测定、消化试验与饲养试验,比较分析了4种蛋白质饲料的化学组成及其营养价值。结果显示:粗蛋白表观可吸收量以棉粕最高,为383.22 g/kg,分别比豆粕、玉米蛋白粉、菜粕多3.4、137.9、20.85 g/kg;必需氨基酸化学指数(EAAI)与可吸收量指数均以菜粕最高,分别为1.18、0.0475;干物质表观消化能以豆粕最高,为9.99 MJ/kg,分别比玉米蛋白粉、棉粕、菜粕高2.94、3.20、2.68 MJ/kg;豆粕的钙消化吸收最佳,消化率与表观吸收量分别为79.32%、18.59 g/kg,极显著高于棉粕,显著高于菜粕;玉米蛋白粉的磷消化吸收最佳,消化率与表观吸收量分别为63.82%、6.14 g/kg,极显著高于棉粕,显著高于菜粕;4个处理的日均增重、日均采食量、料重比均无显著差异,以棉粕组日均增重最大,为26.64 g。棉粕可用作3月龄獭兔的蛋白质饲料。

关键词:獭兔;蛋白质饲料;氨基酸;化学分析;消化吸收;生产性能

中图分类号:S816.15 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)01-0223-07

Evaluation of Four Protein Feeds' Feeding Value to Young Rex Rabbit

LI Qing-hong, WANG Xiao-dan, GAO Rui-bin

(College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: This study was aimed to assess nutritional value of soybean meal, gluten meal, cottonseed meal and rapeseed meal for young Rex rabbit. Conducted of chemical assay, digestion trial and feeding experiment, chemical composition of four protein feeds and absorbable nutrients on Rex rabbit of 3 months were investigated. The results showed that: apparent absorbable protein of cottonseed meal was the highest, 383.22 g/kg, that was 3.4, 137.9, 20.85 g/kg higher than that of soybean meal, gluten meal and rapeseed meal, respectively; essential amino acid index (EAAI) and apparent absorbable essential amino acid index of rapeseed meal were the highest, were 1.18 and 0.0475, respectively; the highest apparent digestible energy was soybean meal, 9.99 MJ/kg, that was 2.94, 3.20 and 2.68 MJ/kg higher than that of gluten meal, cottonseed meal and rapeseed meal, respectively; digestion of calcium of soybean meal was the best. Digestibility and apparent absorbable of calcium was 79.32%, 18.59 g/kg that was significantly higher than that in cottonseed meal and rapeseed meal; digestion of phosphorus was the best in gluten meal. Digestibility and Apparent absorbable phosphorus in gluten meal was 63.82%, 6.14 g/kg, respectively; the four protein feed showed no effect on feed intake, average daily gain and feed to gain ratio, significantly, but average daily gain of cottonseed meal diet was 26.64 g that was the highest, cottonseed meal was the best source of protein for 3 months old Rex rabbit.

Key words: Rex rabbit; Protein feed; Amino acid; Chemical analysis; Digestive absorption; Productivity

随着畜牧业的不断发展,蛋白质饲料资源匮乏以及高氮饲料引起的环境污染已经成为制约畜牧业发展的重要问题。据估测,我国蛋白质饲料资源的缺口达0.38亿t^[1]。提高蛋白质饲料资源利用率是

解决蛋白质饲料资源短缺与降低环境污染的重要途径。前人对獭兔的研究主要集中在确定獭兔的营养需要量上,但对獭兔常用蛋白质饲料的饲用价值的比较,国内外少有报道^[2]。

收稿日期:2011-09-05

基金项目:山西省科技攻关计划项目(200703105121);山西高校科技研究开发项目(2007118)

作者简介:李清宏(1968-),男,山西长治人,副教授,博士,主要从事动物营养与环境污染研究。

本试验研究豆粕、玉米蛋白粉、棉籽粕、菜籽粕 4 种常用蛋白质饲料对幼龄阶段獭兔的营养价值与饲用价值,旨在为科学利用蛋白质饲料资源提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计与配方

消化试验采用 4×4 拉丁方设计;饲养试验采用单因素完全随机分组设计,设 4 个处理,每处理 4 个

重复,每重复饲养獭兔 4 只。

试验用獭兔来源于山西省农科院畜牧研究所种兔场。试验设预饲期 7 d,第 7 d 的 17:00 清理料槽,次日 6:00 称重,选择 12 只体重相近的 60 d 左右的獭兔进行消化试验,其余 64 只用于饲养试验。

消化试验设 7 d 为 1 个试验周期,每期前 4 d 自由采食,后 3 d 按前 4 d 日均采食量的 85% 平均分 4 次饲喂,饲料配方如表 1 所示,自动饮水。

表 1 消化试验配方(风干基础)

Tab. 1 The patch formula of digestion trial(air dry basis)

%

含量 Content				
原料 Ingredient	豆粕日粮 Soybean meal diet	玉米蛋白粉日粮 Gluten meal diet	棉粕日粮 Cottonseed meal diet	菜粕日粮 Rapeseed meal diet
玉米淀粉 Corn starch	30.21	13.00	30.00	23.04
花生壳 Peanut hull	23.00	20.12	22.30	20.50
玉米蛋白粉 Gluten meal		65.00		
豆粕 Soybean meal	44.00			
菜粕 rapeseed meal				53.50
棉粕 cottonseed meal			44.40	
大豆油 Soybean oil	1.70	0	2.11	2.00
磷酸氢钙 CaHPO4	0.16	0.37	0.01	0
加碘食盐 Iodic salt	0.50	0.50	0.50	0.50
石粉 Limestone meal	0.37	0.61	0.58	0.28
预混料 Premix①	0.01	0.35	0.05	0.13
多种维生素 Vitamin premix	0.05	0.05	0.05	0.05
营养水平 Nutrient levels				
项目 Items	豆粕日粮 Soybean meal diet	玉米蛋白粉日粮 Gorn gluten meal diet	棉粕日粮 Cottonseed meal diet	菜粕日粮 Rapeseed meal diet
粗脂肪 EE	1.44	1.37	0.83	0.82
粗灰分 CA	5.69	4.80	7.05	10.50
钙 Ca	1.03	1.12	1.07	1.15
粗蛋白 CP	21.03	20.45	22.85	23.45
总磷 TP	0.44	0.42	0.51	0.61
中性洗涤纤维 NDF	21.18	21.46	29.16	27.06
酸性洗涤纤维 ADF	15.43	18.42	23.78	25.32
消化能/(MJ/kg) DE②	10.38	13.14	11.49	11.54
赖氨酸 Lys	1.10	0.73	0.92	1.24
蛋+胱氨酸 Met+Cys	0.10	0.18	0.12	0.13
苏氨酸 Thr	0.86	0.73	0.70	0.91

注:①每 kg 预混料含有:ZnS 25 mg,MnSO₄·H₂O 44.92 g,FeSO₄·H₂O 50 mg,CuSO₄·5H₂O 6 mg,KIO₃ 0.6 0g,CoCl₂·6H₂O 1.44g,CaCO₃ 63.32 g;②消化能根据原料组成计算所得,其余为实测值。表 2 同。

Note:①Provided per kg of premix: Fe(as ferrous sulfate) 50 mg; Cu(as copper sulfate) 6 mg; Zn(as zinc sulfate) 25 mg; ②DE is calculated value. Other nutrient levels are measured values. The same as Tab. 2.

饲养试验 7 d 称重 1 次,试验期 4 周。试验期间自由采食,自动饮水。每周第 7 d 的 17:00 清理料槽,进行饲料计重,次日 6:30 进行试兔称重,使用饲料配方如表 2 所示。

1.2 獭兔饲养

试验开始前 7 d 用福尔马林和高锰酸钾进行兔

舍熏蒸消毒。饲养于三层悬挂式铁丝兔笼进行,每笼饲养试兔 1 只,并于料槽上编号,日喂 4 次(8:00,12:00,17:00,21:00),试验第 5 d 接种兔瘟巴氏杆菌二联苗,并准确记录试兔死亡日期。

1.3 粪样收集与处理

消化试验每期后 3 d 的每日 10:30、14:30、

18:30 收集新鲜兔粪,装入盛有 50 mL 10% 酒石酸的瓶中,同时做好取样记录。将盛有粪样的瓶置于 0~4℃ 冰箱保存,将每期 3 d 收集的粪样置于 105℃

的烘箱中烘干后混合,回潮后称瓶+风干物质+酒石酸的质量。

表 2 饲养试验配方(风干基础)

Tab. 2 The patch formula of feeding experiment(air dry basis)					%
含量 Content					
原料 Ingredient	豆粕日粮 Soybean meal diet	玉米蛋白粉日粮 Gluten meal diet	棉粕日粮 Cottonseed meal diet	菜粕日粮 Rapeseed meal diet	
玉米 Yellow corn	40.00	32.00	44.21	40.13	
苜蓿 Alfalfa	39.00	36.00	31.60	31.00	
玉米蛋白粉 Gluten meal		30.14			
豆粕 Soybean meal	19.00				
菜粕 rapeseed meal				27.00	
棉粕 cottonseed meal			22.00		
大豆油 Soybean oil	1.04	0.50	1.20	1.00	
磷酸氢钙 CaHPO4	0.12	0.23	0.03	0	
加碘食盐 Iodic salt	0.50	0.50	0.50	0.50	
石粉 Limestone meal	0.25	0.35	0.36	0.22	
预混料 Premix	0.04	0.23	0.05	0.10	
多种维生素 Vitamin premix	0.05	0.05	0.05	0.05	

营养水平 Nutrient levels					
项目 Items	豆粕日粮 Soybean meal diet	玉米蛋白粉日粮 Gluten meal diet	棉粕日粮 Cottonseed meal diet	菜粕日粮 Rapeseed meal diet	
粗脂肪 EE	2.41	2.41	2.57	2.19	
粗灰分 CA	6.91	6.47	6.72	8.98	
钙 Ca	1.03	0.84	1.24	0.94	
粗蛋白 CP	20.58	21.93	21.05	19.86	
总磷 TP	0.42	0.48	0.45	0.43	
中性洗涤纤维 NDF	24.78	22.51	23.48	24.85	
酸性洗涤纤维 ADF	18.63	16.44	16.68	21.01	
消化能/(MJ/kg) DE	11.20	11.48	10.83	10.87	

1.4 测定指标与方法

1.4.1 养分测定 水分、CP、CF、EE、CA、Ca、P 分别采用 GB 6435-86、GBT 6432-94、酸碱洗涤法、GBT 6433-94、GBT 6438-2007、高锰酸钾滴定法、钼黄比色法进行测定;氨基酸在山西省饲料检测所使用日立 L-8900 型氨基酸分析仪进行测定。

NDF 按照 GBT 20806-2006 测定,ADF 按照《动物饲养学(实验指导)》测定^[3]。4 mol HCL 不溶灰分含量按照《家畜饲养学实验及饲料分析》测定^[4]测定。必需氨基酸指数的计算公式为:

$$EAAI = \sqrt[n]{(b1/a1) \times (b2/a2) \times (b3/a3) \times \cdots (bn/an)}$$

其中 b1 b2……bn 为被考查蛋白质中各种必需氨基酸的含量(g/kg);a1 a2……an 为獭兔体组织中相应必需氨基酸的含量(g/kg),含量参数依据卢艳敏的测定值^[2];n 为参与计算的必需氨基酸的个数。

1.4.2 消化率计算 某养分表观消化率=(1-(B×C)/(A×D))×100%

式中 A 为饲料中某养分(%) ,B 为粪中某养分(%) ,C 为饲料中 4 mol HCl 不溶灰分(%) ,D 为粪中 4 mol HCl 不溶灰分(%) 。

表观消化能计算公式为:

ADE=CP%×CP 消化率×CP 能值+EE%×EE 消化率×EE 能值+CF%×CF 消化率×CF 能值
式中 ADE 为表观消化能(MJ/kg) ,CP 为粗蛋白,EE 为粗脂肪,CF 为粗纤维。

1.4.3 饲养性能 日均增重:计算每重复 4 只试兔的周增重(W1,W2,W3,W4),同时计算各组各重复的平均日增重,即 W=(W1+W2+W3+W4)/(4×7)。

日均采食量(Y)=M/N。其中,饲养日(N)=试验周 7 d 各组各重复每日参加试验的试兔只数之和;周耗料量(M)=饲料袋的周始重-饲料袋的周末重。料重比=Y/W。

1.5 数据处理与分析

试验数据用 Excel 进行初步整理;使用 SPSS Statistics 17.0 的一般线性模型(General linear mod-

el ,GLM) 对试验数据进行方差分析;对差异显著者再使用 Duncan's multiple range test 比较各平均数间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 化学成分

4 种蛋白质饲料主要营养成分测定值如表 3 所

示,玉米蛋白粉、菜粕购于山西太原,豆粕、棉粕购于山西太谷。

由表 3 可知,豆粕的粗蛋白含量最高,为 42.98%,分别比玉米蛋白粉、棉籽粕、菜籽粕高 12.17%、5.44%、11.7%;菜粕的必需氨基酸化学指数(EAAI)最高,为 1.18,比豆粕、玉米蛋白粉、棉粕分别高 0.14、0.39、0.13。

表 3 原料中常规营养成分测定含量(风干基础)

Tab.3 The determinate contents of nutrition in ingredients(air dry basis)

%

指标 Items	豆粕 Soybean meal	玉米蛋白粉 Gluten meal	棉粕 Cottonseed meal	菜粕 Rapeseed meal
水分 Moisture	9.45	8.03	9.17	7.95
粗蛋白 CP	42.98	30.81	37.54	31.28
粗脂肪 EE	3.22	7.32	0.79	1.23
钙 Ca	0.49	0.12	0.25	0.77
总磷 TP	0.63	0.11	0.96	0.99
粗灰分 CA	6.35	0.54	6.07	21.05
粗纤维 CF	5.89	1.34	12.92	10.73
粗蛋白中氨基酸含量测定值 The determinate contents of amino acids in Crude protein				g/kg
天冬氨酸 Asp	214.04	99.79	180.47	152.36
苏氨酸 Thr	47.22	31.75	41.45	55.75
丝氨酸 Ser	61.46	47.87	55.91	58.56
谷氨酸 Glu	140.20	128.80	158.45	156.45
甘氨酸 Gly	90.69	48.84	91.87	116.14
丙氨酸 Ala	71.02	100.59	66.48	77.86
半胱氨酸 Cys	7.10	5.48	8.11	7.53
缬氨酸 Val	63.63	49.48	62.04	72.83
蛋氨酸 Met	5.26	8.39	6.96	7.72
异亮氨酸 Ile	50.47	34.15	37.60	49.12
亮氨酸 Leu	90.78	138.19	72.05	91.61
酪氨酸 Tyr	19.52	14.60	16.84	17.58
苯丙氨酸 Phe	53.63	48.40	56.60	46.81
赖氨酸 Lys	60.54	33.58	54.02	79.07
组氨酸 His	11.81	7.57	13.21	14.72
精氨酸 Arg	60.98	25.62	99.49	60.61
脯氨酸 Pro	60.30	77.16	48.62	83.07
必需氨基酸指数 EAAI	1.04	0.79	1.05	1.18

2.2 可利用养分

4 种蛋白质饲料不同营养成分表观消化率测定值及营养成分可吸收量计算值分别如表 4 和表 5 所示。

由表 4 可知,豆粕的表观消化能最高,为 9.99 MJ/kg,比玉米蛋白粉、棉粕、菜粕分别高 2.94、3.20、2.68 MJ/kg。棉粕钙、磷的表观消化率最低,分别为 57.71%、18.53%,极显著低于豆粕组和玉米蛋白粉($P < 0.01$)。左建军等^[5]研究认为,生猪对菜粕和豆粕中磷表观消化率分别为 -0.30%、

25.77%,真消化率分别为 10.21%、32.94%,明显低于獭兔对菜粕和豆粕中磷的消化率,这是否与獭兔特殊的钙代谢机理有关,还有待进一步深入研究。

由表 5 可知,棉粕的粗蛋白表观吸收量最高为 383.22 g/kg,比豆粕、玉米蛋白粉、菜粕分别多 3.4、137.9、20.85 g/kg。氨基酸平均吸收量以豆粕最佳,比玉米蛋白粉、棉粕、菜粕分别多 6.88、5.43、5.5 g/kg。菜粕的表观可吸收必需氨基酸指数最高,为 0.0475,比豆粕、玉米蛋白粉、菜粕分别多 0.0348、0.0449、0.045。

表 4 4 种蛋白质饲料主要营养物质獭兔表观消化率测定值

Tab. 4 Apparent digestibility of nutrition in different protein feed for Rex Rabbit					%
指标 Items	豆粕 Soybean meal	玉米蛋白粉 Gluten meal	棉粕 Cottonseed meal	菜粕 Rapeseed meal	P 值 P-value
粗蛋白 CP	79.46 ± 5.51 ^a	77.98 ± 7.52 ^a	74.45 ± 2.76 ^a	82.69 ± 2.86 ^a	0.19
粗脂肪 EE	50.92 ± 20.44 ^a	26.29 ± 6.47 ^a	36.55 ± 36.07 ^a	33.89 ± 28.12 ^a	0.42
粗灰分 CA	61.27 ± 5.69 ^A	45.16 ± 6.24 ^{Ba}	40.6 ± 8.61 ^{Ba}	33.13 ± 4.13 ^{Bb}	<0.0001
钙 Ca	79.32 ± 2.89 ^{Aa}	79.05 ± 12.07 ^{Aa}	57.71 ± 8.82 ^{Bb}	65.7 ± 6.89 ^{ABb}	0.008
磷 P	57.50 ± 11.82 ^{Ab}	63.82 ± 9.62 ^{Aa}	18.53 ± 0.05 ^B	45.61 ± 12.62 ^{Ab}	<0.0001
中性洗涤纤维 NDF	31.82 ± 11.82 ^A	14.32 ± 6.81 ^B	19.9 ± 0.03 ^{AB}	22.42 ± 10.52 ^{AB}	0.050
酸性洗涤纤维 ADF	29.80 ± 8.56 ^a	20.22 ± 10.47 ^a	18.50 ± 3.94 ^a	25.70 ± 10.99 ^a	0.29
表观消化能值 ADE/(MJ/kg)	9.99	7.05	6.79	7.31	
天冬氨酸 Asp	83.79	74.42	71.93	78.64	
苏氨酸 Thr	74.01	71.31	55.78	75.52	
丝氨酸 Ser	83.62	81.51	70.21	80.08	
谷氨酸 Glu	86.83	87.05	80.83	88.03	
甘氨酸 Gly	78.35	69.38	64.63	80.14	
丙氨酸 Ala	75.56	84.78	60.37	77.27	
半胱氨酸 Cys	79.34	73.73	65.35	75.51	
缬氨酸 Val	78.17	78.52	64.84	79.03	
蛋氨酸 Met	71.94	83.46	60.21	75.73	
异亮氨酸 Ile	80.35	78.94	60.81	78.81	
亮氨酸 Leu	83.23	89.05	66.85	82.03	
酪氨酸 Tyr	83.29	82.02	63.41	75.52	
苯丙氨酸 Phe	83.26	84.59	75.16	79.75	
赖氨酸 Lys	83.25	76.18	64.41	85.43	
组氨酸 His	86.99	81.65	77.46	87.44	
精氨酸 Arg	90.06	80.11	87.58	88.05	
脯氨酸 Pro	83.39	87.16	65.65	84.65	

注: 1. 同行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($P < 0.01$) 。下表同。
Note: In the same row ,values with different small letter superscripts mean significant difference($P < 0.05$) ,different capital letter superscripts mean significant difference($P < 0.01$) . The same as below.

表 5 獭兔对 4 种蛋白质饲料主要养分的表观吸收量

Tab. 5 Apparent absorptive amount of nutrition in different protein feed for Rex Rabbit					g/kg
指标 Items	豆粕 Soybean meal	玉米蛋白粉 Gluten meal	棉粕 Cottonseed meal	菜粕 Rapeseed meal	
粗蛋白 CP	379.82	245.32	383.22	362.37	
粗脂肪 EE	16.64	5.55	6.80	5.21	
钙 Ca	18.59	13.66	13.90	14.07	
磷 P	5.70	6.14	2.12	5.21	
粗灰分 CA	79.20	49.30	64.48	65.01	
中性洗涤纤维 NDF	153.14	47.26	131.10	113.38	
酸性洗涤纤维 ADF	104.52	57.31	99.10	121.61	
天冬氨酸 Asp	73.61	25.42	49.17	37.57	
苏氨酸 Thr	14.50	8.00	6.02	12.88	
丝氨酸 Ser	21.36	20.48	14.93	14.52	
谷氨酸 Glu	50.52	39.69	48.31	42.32	
甘氨酸 Gly	29.41	11.43	22.43	28.39	
丙氨酸 Ala	22.64	31.15	15.36	18.67	
半胱氨酸 Cys	2.43	1.38	2.03	1.79	
缬氨酸 Val	20.45	13.58	15.20	17.51	
蛋氨酸 Met	1.66	2.32	1.64	1.89	
异亮氨酸 Ile	16.52	9.63	8.69	11.53	
亮氨酸 Leu	31.93	45.83	18.58	22.88	
酪氨酸 Tyr	7.07	4.38	4.03	3.98	
苯丙氨酸 Phe	18.68	14.54	16.04	11.42	
赖氨酸 Lys	20.82	8.49	13.29	19.87	
组氨酸 His	4.32	2.13	3.87	3.87	
精氨酸 Arg	22.43	6.23	33.02	16.02	
脯氨酸 Pro	21.45	24.74	12.18	21.29	
表观可吸收必须氨基酸指数(AAEEAI)					
Apparent absorbable essential amino acid index	0.0127	0.0026	0.0025	0.0475	

由表 4 5 可知 4 种蛋白质饲料粗蛋白的表观消化率之间差异不显著 ($P > 0.05$), 但棉粕的粗蛋白表观吸收量 (383.22 g/kg) 最佳, 与棉籽蛋白的营养价值高于大豆和谷物相一致^[6-7]。由表 4 可知, 豆粕的表观消化能 (9.99 MJ/kg) 好于玉米蛋白粉 (7.05 MJ/kg)、棉粕 (6.79 MJ/kg)、菜粕 (7.31 MJ/kg)。试验结果表明, 氨基酸消化率高低与表观

消化能值大小有相关性, 必需氨基酸与非必需氨基酸较平衡的原料, 有较高的消化率, 可能是豆粕的表观消化能较高的原因。

2.3 饲养性能

相同蛋白能量比下四种蛋白质饲料对獭兔的饲养效果测定值如表 6 所示。

表 6 不同蛋白质饲料对獭兔生产性能的影响

Tab. 6 Effect of different protein feed on productivity for Rex Rabbit

指标 Items	豆粕日粮 Soybean meal diet	玉米蛋白粉日粮 Gluten meal diet	棉粕日粮 Cottonseed meal diet	菜粕日粮 Rapeseed meal diet	P 值 P-value
日增重/g ADG	22.47 ± 5.31	22.08 ± 5.10	26.64 ± 7.28	23.83 ± 8.28	0.25
日均采食量/kg ADFI	124.83 ± 23.55	121.17 ± 40.05	140.01 ± 17.42	128.88 ± 14.69	0.51
料重比 F/G	5.80 ± 1.51	5.84 ± 2.59	5.59 ± 1.57	6.26 ± 2.84	0.76

表 6 显示 4 种蛋白质饲料对獭兔日均增重、日均采食量、料重比的影响差异不显著, P 值分别为 0.25 0.51 0.76, 但以棉粕组饲养性能表现最好。

本试验獭兔的日均采食量、料重比普遍偏高。张宝庆等^[8]报道 60~90 日龄獭兔 ADFI 为 102.21~104.25 g; 高振华等^[9]报道 49~79 日龄獭兔 ADFI 97.5~116.67 g; 而本试验相近日龄獭兔的日均采食量为 121.17~140.01 g。这种差异可能与试验条件造成的饲料损失有关。

3 讨论与结论

豆粕是畜禽传统的蛋白饲料来源, 普遍应用于畜禽饲料中。但本试验表明, 豆粕对獭兔同样有较好的饲养效果, 但不及棉粕, 这可能与豆粕提供的表观可吸收粗蛋白 (379.82 g/kg) 低于棉粕 (383.22 g/kg) 有关。

玉米蛋白粉组日均增重最差可能与其中性洗涤纤维、氨基酸组成不平衡有关。表 4 5 数据显示, 除了粗灰分和中性洗涤纤维以外, 玉米蛋白粉的其他养分消化吸收都较好。玉米蛋白粉的中性洗涤纤维消化率与吸收量很差, 分别为 14.32% 47.26 g/kg, 这可能是玉米蛋白粉组日粮生产性能差的原因。Garcia 等^[10]报道, 用高能饲料糖浆代替麦草研究日粮纤维来源对家兔生长性能的影响, 糖浆虽然含有较高的 NDF (50%), 但消化性很差, 在盲肠中滞留时间较长, 作为纤维来源价值很低。一般认为, 当 $n = 6 \sim 12$, 实用评价标准为: $EAAI > 0.95$ 为优质蛋白源, $0.86 < EAAI \leq 0.95$ 为良好蛋白源, $0.75 \leq EAAI \leq 0.86$ 为可用蛋白源, $EAAI \leq 0.75$ 为不适蛋白源^[7]。而玉米蛋白粉组日粮的 $EAAI = 0.79$, 属可用蛋白源。

棉粕组日均增重、料重比最佳, 分别为 26.64 g

和 5.59, 与棉粕组粗蛋白表观吸收量最大相一致; 与兔肉属高蛋白、低脂肪产品, 蛋白吸收决定增重与饲料转化率相吻合。王安平等^[11]研究认为, 不同主产区棉粕和棉籽蛋白的粗蛋白含量稳定, 而粗脂肪和钙含量差异较大, 棉粕的粗蛋白、粗脂肪、酸性洗涤纤维营养成分含量分别为 39.28%, 0.28%, 21.60%, 棉籽蛋白的粗蛋白、粗脂肪、酸性洗涤纤维营养成分含量分别为 51.96%, 0.75%, 13.29%。本研究棉粕的营养研究结果与其不尽一致, 这一问题尚待深入探讨。

菜粕日均增重与采食量不及棉粕, 可能与其适口性差、脂肪吸收低有关。菜粕中含有单宁、硫葡萄糖甙等抗营养因子, 影响适口性, 导致采食量下降和生长受抑制。在鼠^[12]、猪^[13]、禽^[14]、反刍动物^[15-16]、水生动物^[17]中都有报道。

综上所述, 从粗蛋白含量、必需氨基酸指数看, 豆粕、棉粕、菜粕均为獭兔的优质蛋白原料, 棉粕的粗蛋白表观吸收量最高, 菜粕的表观可吸收必需氨基酸指数最高, 棉粕可作为獭兔良好的蛋白饲料源。

参考文献:

- [1] 焦洪超, 宋志刚, 袁磊, 等. 5 种非常规蛋白质饲料氨基酸猪回肠末端消化率的测定 [J]. 饲料工业, 2002, 23(8): 7.
- [2] 卢艳敏. 生长獭兔氨基酸需要量及理想蛋白模式的研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2003: 36.
- [3] 胡坚, 张婉如, 王振权. 动物饲养学实验指导 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1994: 42.
- [4] 山西农业大学畜牧系. 家畜饲养学实验及饲料分析 [M]. 太谷: 山西农业大学大学, 1991: 21.
- [5] 左建军, 汪傲, 张铁鹰, 等. 生长猪对菜粕和豆粕中磷真消化率的研究 [J]. 华北农学报, 2010, 22(2): 175-179.

- [6] 陆 恒. 棉籽蛋白的营养价值和食用趋势[J]. 现代商贸工业 2003(11): 49.
- [7] 刘毓湘, 吴中道, 于绍杰, 等. 无腺体棉育种与棉籽利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 1988: 2.
- [8] 张宝庆, 邢亚茹, 郑艳华, 等. 日粮中添加硝酸稀土对獭兔生产性能和毛皮品质的影响[J]. 中国养兔杂志, 1998(2): 21.
- [9] 高振华, 吕炳起, 杨淑亚, 等. 不同营养水平的日粮对生长期獭兔生产性能的影响[J]. 河北畜牧兽医, 2001, 17(6): 16.
- [10] Garcia G, Galvez J F, de Blas J C. Effect of Substitution of Sugarbeet Pulp for Barley in Diets for Finishing Rabbits on Growth Performance and on Energy and Nitrogen Efficiency[J]. Anim Sci, 1993, 71(7): 1823 – 1830.
- [11] 王安平, 吕云峰, 张军民, 等. 我国棉粕和棉籽蛋白营养成分和棉酚含量调研[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 301 – 304.
- [12] Wallig M A, Belyea R L, Tumbleson M E. Effect of pelleting on glucosinolates content of Crambe meal [J]. Animal Feed Science and Technology, 2002, 99: 205 – 214.
- [13] Bell J M, Keith M O, Hutcheson D S. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal [J]. Can J Anim Sci, 1991, 71: 497 – 506.
- [14] McNeill L, Bernard K, MacLeod M G. Food intake, growth rate, food conversion and food choice in broilers fed on diets high in rapeseed meal and pea meal with observations of the resulting poultry meat [J]. Brit Poultry Sci, 2004, 45(4): 519 – 523.
- [15] Mandikia S N M, Derycke G, Bister J L, et al. Chemical changes and influence of rapeseed antinutritional factor on gestating and lactating ewes. Part 1. Animal performances and plasma hormones and glucose [J]. Animal Feed Science and Technology, 2002, 98: 25 – 35.
- [16] Tripathi M K, Santra A, Chaturvedi O H, et al. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets [J]. Animal Feed Science and Technology, 2004, 111(1): 27 – 39.
- [17] Christine Burell, Thierry Boujard, Anne-Marie Escafre, et al. Dietary low glucosinolate rapeseed meal affect thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) [J]. British Journal of Nutrition, 2000, 83: 653 – 664.