

饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、营养物质消化代谢、血清生化指标及皮毛质量的影响

穆国柱 李福昌* 王雪鹏 王春阳 吴振宇

(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豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、营养物质消化代谢、血清生化指标及皮毛质量的影响。选用体重相近的 200 只断奶獭兔, 随机分成 5 组, 每组 40 个重复, 每个重复 1 只。对照组獭兔饲喂基础饲料, 其余 4 组獭兔分别饲喂以 1%、2%、3%、4% 的豆油代替基础饲料中相同比例玉米的试验饲料。预试期 7 d, 正试期 53 d。结果表明: 在初始体重无显著差异($P > 0.05$)的情况下, 饲料添加豆油可极显著地降低獭兔的平均日采食量($P < 0.01$), 但对平均日增重无显著影响($P > 0.05$)。饲料豆油添加水平为 3% 时料重比最低, 极显著低于对照组($P < 0.01$), 与其他添加组相比差异不显著($P > 0.05$)。饲料添加豆油可极显著地降低獭兔的食入总能、食入氮和粪氮($P < 0.01$), 但对粪能、尿能、尿氮、可消化氮、沉积氮和氮利用率无显著影响($P > 0.05$)。能量代谢率和能量消化率, 各添加组均高于对照组, 但组间差异不显著($P > 0.05$)。随着饲料豆油添加水平的增加, 氮表观消化率先增加后降低, 在添加水平为 2% 时达到最高, 并显著高于对照组($P < 0.05$), 与其他添加组差异不显著($P > 0.05$)。饲料豆油添加水平对血清低密度脂蛋白胆固醇含量有极显著影响($P < 0.01$), 对血清甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇含量无显著影响($P > 0.05$)。与对照组相比, 各添加组血清低密度脂蛋白胆固醇含量均极显著降低($P < 0.01$), 但各添加组之间差异不显著($P > 0.05$)。饲料豆油添加水平对皮张面积、皮张重量无显著影响($P > 0.05$), 但极显著影响成纤维细胞生长因子 5 (FGF5) mRNA 的表达量($P < 0.01$), 且在添加水平为 2% 时 FGF5 mRNA 的表达量最高。综上所述, 断奶至 3 月龄獭兔饲料中豆油的适宜添加水平为 2% ~ 3%。

关键词: 獭兔; 豆油; 生长性能; 营养物质消化代谢; 血清生化指标; 皮毛质量

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)06-1375-08

脂肪是动物机体必需的营养成分, 也是提高配合饲料中能量水平的理想补充料。早在 20 世纪 30 年代脂肪就在养禽生产中应用, 20 世纪 50 年代开始在断奶仔猪中应用, 目前在西方经济发达国家已广泛应用, 国内也正在大力推广应用, 脂肪已成为配制高档饲料, 特别是幼龄动物、高产动物饲料所必需的添加成分。豆油是世界上产量最

多的油脂, 富含亚油酸等多种动物必需的脂肪酸。相较于动物油脂, 豆油等植物性油脂的饲用价值更高, 主要是植物性油脂含有丰富的不饱和脂肪酸, 其中部分是必需脂肪酸, 而且代谢能值变异较小。于会民等^[1]研究发现, 添加豆油、黄油、牛脂等油脂提高了公肉雏鸡对饲料蛋白质、干物质的表观利用率, 而降低了对饲料总脂肪的表观利用

收稿日期: 2012-12-03

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: 穆国柱(1987—), 男, 山东淄博人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养和家兔生产。E-mail: zhuzide5201314@sina.com

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

率,并改善了其生长性能。Guevara 等^[2]给 1~20 周龄白莱航雏鸡饲喂含 0、1%、2% 或 3% 脂肪的饲料,结果表明,在第 6 周龄和第 9 周龄时,添加脂肪组试验鸡的活重均显著高于未添加组。本试验拟以豆油作为饲料的主要脂肪来源,通过研究不同豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、营养物质消化代谢、血清生化指标及皮毛质量的影响,来寻求断奶至 3 月龄獭兔饲料适宜的豆油添加水平,为制订我国肉兔饲养标准提供技术参数。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

参照 NRC(1997)^[3]和 de Blas 等^[4]家兔饲养标准配制基础饲料,以豆油替代基础饲料中同比例的玉米配制成豆油添加水平为 0(对照)、1%、2%、3%、4% 的 5 种试验饲料。各种饲料原料粉碎后逐级混匀,用制粒机压制成粒径为 4~6 mm 的颗粒饲料,储存于通风干燥处备用。

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	豆油添加水平 Soybean oil supplemental level/%				
	0	1	2	3	4
原料 Ingredients					
玉米 Corn	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0
豆粕 Soybean meal	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
小麦麸 Wheat bran	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
花生秧 Peanut shell	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
豆油 Soybean oil		1.0	2.0	3.0	4.0
碳酸氢钙 CaHPO ₄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
食盐 NaCl	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
预混料 Premix ¹⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels ²⁾					
消化能 DE/(MJ/kg)	9.93	10.15	10.38	10.60	10.46
粗蛋白质 CP	15.89	15.80	15.71	15.63	15.54
粗脂肪 EE	2.89	3.84	4.87	5.73	5.69
粗纤维 CF	15.26	15.24	15.22	15.21	15.19
钙 Ca	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
磷 P	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
赖氨酸 Lys	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56
蛋氨酸 Met	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 13 500 IU, VD₃ 2 250 IU, VE 15 mg, VK₃ 1.5 mg, Lys 1 000 g, Met 500 mg, Cu 10 mg, Zn 70 mg, Mn 16 mg, Fe 60 mg, Se 0.1 mg, VB₁ 1.8 mg, VB₂ 6 mg, VB₃ 13.5 mg, VB₁₂ 0.024 mg。

²⁾ 计算值 Calculated values。

1.2 试验设计及饲养管理

取体重相近的断奶獭兔 200 只,随机分为 5 组,每组饲喂 1 种试验饲料。每组 40 个重复(公母各占 1/2),每个重复 1 只。试验獭兔单笼饲养,每天 07:00、19:00 各饲喂 1 次。饲养管理和免疫按照常规程序进行,预试期 7 d,正试期 53 d。

1.3 样品采集与制备

试验结束前 6 天,每组随机抽取 8 只试验獭兔,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。前 3 天为适应期,后 3 天每天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,取其一定比例后加10%的硫酸固氮,每天取相同比例,连续取3d,然后在烘箱中于65℃下烘干72h,称重即为粪样的风干重,最后将3d的风干粪样混合后粉碎,于-20℃冷冻保存,待测。尿样测量后,取一定比例于备好的250mL塑料瓶中,加入5mL浓硫酸固氮,每天取样比例相同,混匀后-20℃冷冻保存,待测。

试验第53天早晨空腹称重,每组随机抽取8只试验兔,立即心脏采血10mL,37℃水浴40min后,3000r/min离心15min,分离所得血清分装于Eppendorf管中,置于-20℃冷冻保存,待测。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能

试验结束后,称量试验兔重量,并统计相应试验兔采食量,计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

1.4.2 营养物质消化代谢

饲料、粪和尿样中的氮和能量分别采用凯氏定氮法^[5]和美国Parr-6200高压氧弹量热仪进行测定。具体指标计算公式如下:

$$\begin{aligned} \text{能量代谢率}(\%) &= \text{代谢能} / \text{食入总能} = \\ & (\text{食入总能} - \text{粪能} - \text{尿能}) / \text{食入总能}; \\ \text{能量消化率}(\%) &= \text{消化能} / \text{食入总能} = \\ & (\text{食入总能} - \text{粪能}) / \text{食入总能}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{可消化氮}(\text{g/d}) &= \text{食入氮} - \text{粪氮}; \\ \text{沉积氮}(\text{g/d}) &= \text{食入氮} - \text{粪氮} - \text{尿氮}; \\ \text{氮表观消化率}(\%) &= 100 \times \text{可消化氮} / \text{食入氮}; \\ \text{氮利用率}(\%) &= 100 \times \text{沉积氮} / \text{可消化氮}. \end{aligned}$$

1.4.3 血清生化指标

血清甘油三酯(TG)、总胆固醇(CHO)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量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型全自动生化分析仪上测定。

1.4.4 皮毛质量

试验兔屠宰后称量皮毛重,测量皮张面积。采用实时荧光定量PCR测定毛皮中成纤维细胞生长因子5(FGF5)mRNA的表达量,具体方法如下:取毛皮样100mg,加入Trizol提取总RNA,凝胶电泳测定其完整性,然后分光光度计测纯度,之后进行反转录,最后在ABI 7500实时荧光定量PCR仪上进行PCR扩增,PCR反应条件为:95℃预变性10s;95℃变性5s,60℃退火和延伸40s,40个循环。看家基因磷酸甘油醛脱氢酶(GAPDH)和目的基因FGF5引物由美国国立生物技术信息中心(NCBI)提供的序列设计,由上海博尚生物技术有限公司设计完成(表2)。该过程所用试剂盒均由大连宝生物有限公司提供。

表2 PCR引物序列

Table 2 Primer sequences for PCR

基因 Genes	引物序列 Primer sequence (5'—3')	产物长度 Product size/bp
磷酸甘油醛脱氢酶 GAPDH	上游: TGCCACCCACTCCTCTA	118
	下游: CCGGTGGTTTGAGGGCTCTACT	
成纤维细胞生长因子5 FGF5	上游: AACTCCATGCAAGTGCCAAGT	110
	下游: CCCTGTCTCTCCGTTCTGTG	

1.5 数据处理与分析

数据以平均值和均方根误差(R-MSE)表示。采用SAS 9.1数据统计软件中的GLM模块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

2.1 饲料豆油添加水平对断奶至3月龄獭兔生长性能的影响

由表3可以看出,在初始体重无显著差异

($P > 0.05$)的情况下,饲料豆油添加水平对平均日采食量有极显著影响($P < 0.01$),对料重比有显著影响($P < 0.05$),对3月龄体重和平均日增重无显著影响($P > 0.05$)。平均日采食量随着饲料豆油添加水平的增加而下降,各添加组与对照组相比均存在极显著差异($P < 0.01$),但各添加组之间无显著差异($P > 0.05$)。饲料豆油添加水平为3%时料重比达到最低,极显著低于对照组($P < 0.01$),与其他添加组相比差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 饲粮豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能的影响

Table 3 Effects of dietary soybean oil supplemental level on growth performance of weaner to 3-month-old Rex rabbits ($n=40$)

项目 Items	豆油添加水平 Soybean oil supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	1	2	3	4		
初始体重 IBW/g	763.68	768.12	784.89	757.25	757.00	125.689 7	0.948 1
3 月龄体重 3-month-old body weight/g	1 428.81	1 442.79	1 444.58	1 541.20	1 448.36	197.513 1	0.439 5
平均日增重 ADG/(g/d)	14.92	15.08	15.19	16.42	15.31	2.347 1	0.476 0
平均日采食量 ADFI/(g/d)	68.17 ^{Aa}	61.64 ^{Bb}	61.22 ^{Bb}	59.13 ^{Bb}	58.96 ^{Bb}	5.985 2	<0.000 1
料重比 F/G	4.48 ^a	4.20 ^{ab}	4.10 ^{ab}	3.85 ^b	3.88 ^b	0.596 7	0.020 6

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 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。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$). The same as below.

2.2 饲粮豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔能量代谢的影响

由表 4 可以看出, 饲粮豆油添加水平对食入总能具有极显著影响 ($P<0.01$), 对粪能、尿能无显著影响 ($P>0.05$)。各添加组食入总能均极显著

低于对照组 ($P<0.01$), 但各添加组之间无显著差异 ($P>0.05$)。与对照组相比, 各添加组能量代谢率和消化率均有所上升, 且均在 2% 添加水平时达到最大, 但各组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 饲粮豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔能量代谢的影响

Table 4 Effects of dietary soybean oil supplemental level on energy metabolism of weaner to 3-month-old Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	豆油添加水平 Soybean oil supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	1	2	3	4		
食入总能 IGE/(kJ/d)	2 035.10 ^{Aa}	1 951.97 ^{Bb}	1 938.26 ^{Bb}	1 962.17 ^{Bb}	1 926.16 ^{Bb}	49.681 3	0.001 0
粪能 FE/(kJ/d)	738.79	708.80	681.84	714.98	681.50	55.482 1	0.339 3
尿能 UE/(kJ/d)	335.37	337.43	270.99	258.28	297.75	103.913 1	0.486 9
能量代谢率 Energy metabolizability/%	46.99	47.18	52.33	50.39	49.06	7.232 1	0.654 5
能量消化率 Energy digestibility /%	62.88	64.17	66.27	64.32	63.17	2.642 4	0.250 6

2.3 饲粮豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔氮代谢的影响

由表 5 可以看出, 饲粮豆油添加水平对食入氮、粪氮和氮表观消化率有极显著影响 ($P<0.01$), 对尿氮、可消化氮、沉积氮和氮利用率无显著影响 ($P>0.05$)。随着饲粮豆油添加水平的增加, 食入氮和粪氮均有所降低, 各添加组与对照组相比均存在极显著差异 ($P<0.01$)。饲粮豆油水平对氮表观消化率影响极显著 ($P<0.01$)。与对照组相比, 各添加组氮表观代谢率均极显著升高 ($P<0.01$), 但各添加组之间差异不显著 ($P>$

0.05)。

2.4 饲粮豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔血清生化指标的影响

由表 6 可以看出, 饲粮豆油添加水平对血清低密度脂蛋白胆固醇含量有极显著影响 ($P<0.01$), 对血清甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇含量无显著影响 ($P>0.05$)。与对照组相比, 各添加组血清低密度脂蛋白胆固醇含量均极显著降低 ($P<0.01$), 但各添加组之间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 5 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔氮代谢的影响

Table 5 Effects of dietary soybean oil supplemental level on nitrogen metabolism of weaner to 3-month-old Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	豆油添加水平 Soybean oil supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	1	2	3	4		
食入氮 IN/(g/d)	3.22 ^{Aa}	2.93 ^{Bb}	2.90 ^{Bb}	2.88 ^{Bb}	2.84 ^{Bb}	0.086 9	<0.000 1
粪氮 FN/(g/d)	0.57 ^{Aa}	0.41 ^{Bb}	0.35 ^{BCbc}	0.34 ^{BCbc}	0.34 ^{Cc}	0.063 1	<0.000 1
尿氮 UN/(g/d)	0.79	0.55	0.69	0.73	0.66	0.309 2	0.651 6
可消化氮 DN/(g/d)	2.61	2.52	2.56	2.54	2.53	0.078 9	0.308 9
沉积氮 RN/(g/d)	1.67	1.71	1.73	1.76	1.76	0.479 3	0.995 8
氮表观消化率 Nitrogen apparent digestibility/%	0.82 ^{Bb}	0.86 ^{Aa}	0.88 ^{Aa}	0.87 ^{Aa}	0.88 ^{Aa}	0.019 2	<0.000 1
氮利用率 Nitrogen utilization rate /%	0.63	0.71	0.67	0.69	0.65	0.195 7	0.939 3

表 6 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔血清生化指标的影响

Table 6 Effects of dietary soybean oil supplemental level on serum biochemical indices of weaner to 3-month-old Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	豆油添加水平 Soybean oil supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	1	2	3	4		
甘油三酯 TG/(mol/L)	0.97	1.11	1.01	0.95	1.01	0.329 8	0.269 2
总胆固醇 CHO/(g/L)	1.36	1.25	1.30	1.16	1.13	0.254 4	0.418 7
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	0.53	0.53	0.54	0.50	0.49	0.100 6	0.880 2
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	0.069 ^{Aa}	0.049 ^{Bb}	0.056 ^{Bb}	0.054 ^{Bb}	0.047 ^{Bb}	0.010 5	0.005 6

2.5 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔皮毛质量的影响

由表 7 可以看出, 饲料豆油添加水平对皮张面积、皮张重量无显著影响 ($P > 0.05$), 但极显著

影响 *FGF5* mRNA 的表达量 ($P < 0.01$)。饲料豆油添加水平为 2% 和 3% 时 *FGF5* mRNA 的表达量极显著高于其他各添加水平 ($P < 0.01$)。

表 7 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔皮毛质量的影响

Table 7 Effects of dietary soybean oil supplemental level on fur quality of weaner to 3-month-old Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	豆油添加水平 Soybean oil supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	1	2	3	4		
皮张面积 Fur area /cm ²	659.63	718.57	728.86	728.20	714.25	52.682 4	0.088 0
皮张重量 Fur weight/g	166.63	168.38	177.88	176.63	169.43	19.393 2	0.699 6
成纤维细胞生长因子 5 mRNA 表达量 Expression of <i>FGF5</i> mRNA	1.00 ^{Bb}	1.22 ^{Bb}	2.76 ^{Aa}	2.36 ^{Aa}	1.26 ^{Bb}	1.261 3	0.003 5

3 讨论

3.1 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能的影响

大量研究表明,在动物配合饲料中添加一定量的脂肪能显著提高饲料的能值,增加必需脂肪酸的含量,从而改善饲料的品质和风味,促进动物生产性能的发挥。添加脂肪后能降低饲料在食道中的通过速度,食糜在消化道中通过时间的延长使饲料的消化和吸收变得更完善。Kevin^[6]研究证明添加脂肪能显著改善仔猪断奶 2 周以后的增重效果。Fartridge 等^[7]认为家兔采食添加油脂的饲料后日增重增加不显著,但随着油脂添加的增加,每天干物质的摄入量显著降低,饲料的转化率显著提高。本试验结果表明,各添加组和未添加豆油的对照组相比,平均日采食量极显著降低,但各添加组之间无显著差异。随着饲料豆油添加水平的提高,饲料能量随之增加,能量的增加会导致采食量降低,各添加组之间平均日采食量差异虽不显著,但仍有下降趋势,差异不显著可能是因为油脂改善了饲料的适口性等原因而使采食量下降不会太明显。添加豆油后,各组獭兔的平均日增重均有所提高,料重比降低,使獭兔的生长性能提高。

3.2 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔营养物质消化代谢的影响

添加油脂后饲料营养物质表观利用率提高,Bender 等^[8]及 Davenport^[9]报道饲料组成调节食物流通速度,其中饲料中脂肪含量对食物流通速度影响最大。Evanson^[10]研究发现,火鸡十二指肠中存有玉米油时,可以使食糜通过肠道的速度减慢,使食糜在肠道的停留时间延长,进而提高饲料的养分利用率。陈萍等^[11]证明,随着油脂添加水平的提高,肉兔能量的消化率和代谢率显著提高。本试验结果表明,各添加组的能量代谢率和消化率均高于对照组,与陈萍等^[11]的研究结果相一致。

动物蛋白质的代谢是机体全部机能的基础,獭兔的生长主要靠氮的沉积。于会民等^[1]研究表明,添加豆油、黄油和牛油可显著提高肉仔鸡饲料蛋白质的表观利用率。本试验结果表明,随着饲料豆油添加水平的提高,沉积氮增加,粪氮极显著降低。由于油脂添加量的增加使得饲料能量增加,獭兔降解蛋白质用来供能所需的蛋白质减少,

使得粪氮、尿氮减少,提高蛋白质的消化率,在本试验中各添加组氮表观消化率较对照组均极显著增加,与上述分析基本一致。

3.3 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔血清生化指标的影响

血液是动物机体内环境的重要组成部分,体内营养物质及废物均由血液运输,其成分的变化可反映机体代谢情况和健康状况。豆油含丰富的多不饱和脂肪酸,人们在研究多不饱和脂肪酸的作用时发现,植物油具有降低胆固醇和甘油三酯含量的作用。Jiang 等^[12]研究发现,给大鼠饲喂富含 ω -3 脂肪酸的蛋黄粉,血浆及肝脏胆固醇含量下降。Newman 等^[13]在肉仔鸡饲料中添加富含亚油酸的葵花油后发现,试鸡血清胆固醇和甘油三酯含量均降低。李荣刚等^[14]报道,饲料添加适量的亚油酸具有降低血清总胆固醇和低密度脂蛋白(LDL)含量的作用。本试验研究结果,饲料添加豆油可使断奶至 3 月龄獭兔血清低密度脂蛋白胆固醇含量极显著降低,但对血清甘油三酯、总胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇含量无显著影响,与上述研究结果存在一定差异,有待于进一步研究。

3.4 饲料豆油添加水平对断奶至 3 月龄獭兔皮毛质量的影响

獭兔是世界上著名的毛皮兼用型兔种,獭兔毛皮具有很高的利用价值。獭兔皮毛质量的评定主要从兔皮的绒毛品质、色泽、板质优劣及面积大小等几方面评定。在本试验中,饲料豆油添加水平对獭兔皮张面积、皮张重量均无显著影响。通过研究发现,兔毛的生长发育与毛囊/毛乳头有着联系密切^[15]。研究表明,FGF5 是影响毛囊周期性活动及被毛生长的重要生长因子^[16-17]。本试验结果表明,饲料添加豆油提高了 FGF5 mRNA 的表达量,说明豆油能显著提高断奶至 3 月龄獭兔毛囊生长状况,改善皮毛质量。断奶至 3 月龄獭兔早期生长较快,皮毛质量受营养水平影响较大,由于獭兔被毛毛囊的分化与体重的增长存在一定正相关关系,而毛囊的分化主要在早期,因此适宜的油脂添加会促进毛囊分化,提高皮毛质量。

4 结论

综合本试验测定指标,断奶至 3 月龄獭兔饲料中豆油的适宜添加水平为 2% ~ 3%。

参考文献:

- [1] 于会民, 李德发, 管武太, 等. 不同脂肪对肉鸡营养素沉积, 体组成和血清代谢物的影响[J]. 畜牧兽医学报, 1998, 29(4): 304 - 314.
- [2] GUEVARA C, VELASCO M E. Use of fat in diets to replacement of White Leghorn laying breed [J]. Revista Cubana de Ciencia Acicola, 1996, 20(4): 25 - 30.
- [3] NRC. Nutrient requirements of rabbits [S]. Washington, D. C. : National Academy of Sciences, 1997.
- [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] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [6] KEVIN H. Enhancing piglet performance by creating a synergy of simple sugars [J]. Feed Mananagement, 2000, 51(5): 13 - 18.
- [7] FARTRIDGE G G, FRNDDLAY M, FORDYCE R A. Fat supplementation of diets for growing rabbits [J]. Animal Feed Science and Technology, 1986, 16: 109 - 117.
- [8] BENDER A E, DAMJI K B. Some effects of dietary sucrose [J]. World Review of Nutrition and Dietetics, 1972, 15: 104 - 155.
- [9] DAVENPORT H W. Physiology of the digestive tract [M]. 3rd ed. Chicago: Year Book Medical Publishers Inc., 1971.
- [10] EVANSON O A. Inhibition of gastric motility by duodenal contents in turkeys [J]. Poultry Science, 1972, 51: 1625 - 1636.
- [11] 陈萍, 李福昌. 日粮中添加脂肪对断奶至 2 月龄肉兔生产性能与生理指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2006, 18(3): 179 - 185.
- [12] JIANG Z, SIM J S. Effects of dietary n-3 fatty acid-enriched chicken eggs on plasma and tissue cholesterol and fatty acid composition of rats [J]. Lipids, 1992, 27: 279 - 284.
- [13] NEWMAN R E, BRYDEN W L, FLECK E, et al. Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism and abdominal fat deposition [J]. The Journal of Nutrition, 1968, 95: 578 - 582.
- [14] 李荣刚, 李福昌. 日粮添加亚油酸对断奶至 2 月龄肉兔生长性能、免疫指标及脂质代谢的影响 [J]. 中国兽医学报, 2011, 31(11): 1676 - 1680.
- [15] PAUS R, COTSARELIS G. The biology of hair follicles [J]. The New England Journal of Medicine, 1999, 341(7): 491 - 497.
- [16] ROSENQUIST T A, MARTIN G R. Fibroblast growth factor signaling in the hair growth-cycle: expression of the fibroblast growth factor receptor and ligand genes in the marine hair follicle [J]. Developmental Dynamics, 1996, 205(4): 379 - 386.
- [17] SUZUKI S, OTA Y, OZAWA K, et al. Dual-mode regulation of hair growth cycle by two *FGF-5* gene products [J]. The Journal of Investigative Dermatology, 2000, 114(3): 456 - 463.

Effects of Soybean Oil Supplemental Level on Growth Performance, Nutrient Digestion and Metabolism, Serum Biochemical Indices and Fur Quality of Weaner to 3-Month-Old Rex Rabbits

MU Guozhu LI Fuchang* WANG Xuepeng WANG Chunyang WU Zhenyu

(College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of soybean oil supplemental level on growth performance, digestion and metabolism of nutrients, serum biochemical indices and fur quality of weaner to 3-month-old Rex rabbits. Two hundred weaner Rex rabbits with similar body weight were randomly divided into 5 groups with 40 replicates per group and 1 rabbit per replicate. Rabbits in control group were fed a basal diet, and rabbits in other 4 groups were fed experimental diets which were formulated with 1%, 2%, 3% and 4% corn replacement by soybean oil with the same proportion on basal diet. The duration of the preliminary experiment was 7 days and the duration of the formal experiment was 53 days. The results showed as follows: soybean oil supplementation significantly reduced the average daily feed intake ($P < 0.01$), but had no significant effect on average daily gain ($P > 0.05$) under the condition of no significant difference in the initial body weight ($P > 0.05$). The feed/gain in 3% group was the lowest and significantly lower than that in control group ($P < 0.01$), but had no significant difference compared with other supplemental groups ($P > 0.05$). Soybean oil supplementation significantly reduced the gross energy intake, nitrogen intake and fecal nitrogen ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), but had no significant effects on fecal energy, urine energy, digestible nitrogen, nitrogen retention and nitrogen utilization rate ($P > 0.05$). The energy digestibility and metabolizability in all supplemental groups were higher than those in control group, but no significant differences were found ($P > 0.05$). The nitrogen apparent digestibility was firstly increased and then decreased with the increase of soybean oil supplemental level, and reached the maximum when supplemental level was 2%. The nitrogen apparent digestibility in 2% group was significantly higher than that in control group ($P < 0.05$), but had no significant difference compared with other supplemental groups ($P > 0.05$). Soybean oil supplemental level significantly affected serum low density lipoprotein cholesterol content ($P < 0.01$), but did not affect serum triglyceride, total cholesterol and high density lipoprotein cholesterol contents ($P > 0.05$). Compared with the control group, the serum low density lipoprotein cholesterol content in all supplemental groups was significantly increased ($P < 0.01$), but there were no significant differences among all supplemental groups ($P > 0.05$). Soybean oil supplemental level did not affect fur area and weight ($P > 0.05$), but the fibroblast growth factor 5 (FGF5) mRNA expression was significantly changed ($P < 0.01$) and reached the maximum when supplemental level was 2%. Based on above results, the appropriate soybean oil supplemental level is 2% to 3% for weaner to 3-month-old Rex rabbits. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(6):1375-1382]

Key words: Rex rabbit; soybean oil; growth performance; nutrient digestion and metabolism; serum biochemical indices; fur quality

* Corresponding author, professor, E-mail: chlf@sda.u.edu.cn