

# 饲料中性洗涤纤维水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、氮代谢、毛皮品质和盲肠发酵的影响

任殿付 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中性洗涤纤维(NDF)水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、氮代谢、毛皮品质和盲肠发酵的影响。选用体重一致的断奶獭兔 200 只, 随机分成 5 组, 每组 40 个重复, 每个重复 1 只兔, 分别饲喂 NDF 水平为 26%、28%、30%、32%、34% 的试验饲料, 预试期 7 d, 正试期 53 d。通过饲养试验、消化代谢试验和屠宰试验对各相关项指标进行测定。结果表明: 1) 随着饲料 NDF 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 NDF 水平为 30% 时分别达最高(20.63 g/d)和最低(3.82)。2) 随着饲料 NDF 水平的升高, 沉积氮先增高后降低, 以 30% NDF 组最高; 32% 和 34% NDF 组的可消化氮( $P < 0.05$ )、氮利用率( $P < 0.01$ )分别显著和极显著低于其他 3 组。3) 30% NDF 组的毛皮重量(184.63 g)和毛皮面积(720.00 cm<sup>2</sup>)极显著高于其他 4 组( $P < 0.01$ )。4) 饲料 NDF 水平对氨态氮浓度以及乙酸、丙酸和丁酸含量影响不显著( $P > 0.05$ )。综合本试验测定指标, 断奶至 3 月龄生长獭兔饲料适宜的 NDF 水平为 30%。

**关键词:** 中性洗涤纤维; 獭兔; 生长性能; 氮代谢; 毛皮品质; 盲肠发酵

**中图分类号:** S829.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2013)03-0543-07

粗纤维对家兔的营养作用可以概括为 2 个方面: 一是经家兔盲肠内的微生物发酵分解为挥发性脂肪酸(VFA)以提供能量; 二是维持家兔的正常消化生理功能, 预防肠道疾病。近年来, 以中性洗涤纤维(NDF)或酸性洗涤纤维(ADF)替代传统粗纤维已成为纤维营养研究的趋势, NDF 是植物细胞壁中大部分结构性成分, 包括纤维素、半纤维素和木质素, 许多学者在家兔生产中研究了 NDF 的营养作用。de Blas 等<sup>[1]</sup>建议繁殖母兔适宜 NDF 水平为 32%; de Blas 等<sup>[2]</sup>和 Gidenne 等<sup>[3]</sup>都曾报道生长肉兔适宜 NDF 水平范围较大, 分布在 20% ~ 34% 之间; 陶志勇等<sup>[4]</sup>通过试验证实断奶至 2 月龄肉兔饲料适宜的 NDF 水平应为 30% ~

33%。本试验通过研究饲料 NDF 水平对断奶至 3 月龄獭兔生长性能、氮代谢、毛皮品质和盲肠发酵的影响, 探讨獭兔适宜的 NDF 需要量, 为我国獭兔饲养标准的制订提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料

试验饲料参考 NRC(1977)<sup>[5]</sup>和 de Blas 等<sup>[6]</sup>推荐家兔饲养标准配制而成, 其组成及营养水平见表 1。NDF 水平分别为 26%、28%、30%、32% 和 34%。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。

收稿日期: 2012-09-18

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: 任殿付(1986—), 山东济宁人, 硕士研究生, 从事动物营养和家兔生产研究。E-mail: apchy2006@126.com

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

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	NDF 水平 NDF level/%				
	26	28	30	32	34
原料 Ingredients					
玉米 Corn	30.0	25.0	21.0	22.0	22.0
豆粕 Soybean meal	14.0	15.0	15.0	16.0	14.0
花生秧 Peanut vine	6.0	21.0	21.0	16.0	
麦麸 Wheat bran	17.0	20.0	28.0	18.0	22.0
苜蓿草粉 Alfalfa meal	30.0	16.0	5.0	10.0	21.0
花生壳 Peanut shell			7.0	15.0	18.0
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	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 <sup>1)</sup>	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 <sup>2)</sup>					
消化能 DE/(MJ/kg)	10.30	10.22	10.20	9.98	10.08
粗蛋白质 CP	17.65	17.72	17.48	17.59	17.53
粗纤维 CF	12.18	12.67	12.99	13.23	14.09
中性洗涤纤维 NDF	25.80	28.43	30.46	32.65	34.39
粗脂肪 EE	2.55	2.57	2.62	2.17	2.13
钙 Ca	1.02	1.04	1.06	1.03	0.97
磷 P	0.69	0.72	0.71	0.69	0.63

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets: 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> 消化能为计算值,其余营养水平为实测值。DE was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

## 1.2 试验设计与饲养管理

选取体重一致的断奶獭兔 200 只,按性别和体重随机分为 5 组,每组 40 个重复,每个重复 1 只兔。试验兔单笼饲养,试验期间 06:00、18:00 各喂 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 只健康试验兔,转移到经消毒处理的代谢笼内,单笼饲养,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 ℃ 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 24 h,称重即得粪样的风干重,最后将 3 d 的风干粪样粉碎过 40 目筛待测。尿样取一定比例盛入备好的塑料瓶中,加入 5 mL 浓硫酸固氮,每天取样比例

相同,混匀后冷冻保存待测。

试验兔屠宰后,立即测定盲肠 3 个不同位点内容物的 pH,随后取盲肠内容物于冻存管中,-20 ℃ 冰箱保存,分别用于测定 VFA 含量和氨态氮(NH<sub>3</sub>-N)浓度。

## 1.4 测定指标和方法

### 1.4.1 生长性能指标

测定断奶时和 3 月龄的体重,并统计断奶至 3 月龄的采食量,计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

### 1.4.2 氮代谢指标

饲料和粪尿样中氮利用凯氏定氮法<sup>[7]</sup>进行测定。

可消化氮(DN, g/d) = 食入氮(IN) - 粪氮(FN);

沉积氮(RN, g/d) = 食入氮(IN) - 粪氮(FN) - 尿氮(UN);

氮表观消化率(DN/IN, %) = 100 × 可消化氮(DN)/食入氮(IN);

氮利用率(RN/IN, %) = 100 ×

沉积氮(RN)/食入氮(IN);

氮生物利用率(RN/DN, %) = 100 ×

沉积氮(RN)/可消化氮(DN)。

### 1.4.3 毛皮品质测定

称取毛皮重量、计算毛皮面积、毛囊密度采用石蜡切片及苏木精-伊红(HE)染色法<sup>[8]</sup>进行观察, 计算次级毛囊密度与初级毛囊密度的比值(S/P)。

### 1.4.4 盲肠发酵指标测定

盲肠内 pH 用 pH-3B 型酸度计测定, 用 GC-2010 型气相色谱仪测定 VFA 含量并计算乙酸/(丙酸+丁酸), 盲肠内 NH<sub>3</sub>-N 浓度用 UV-9100 型紫外分光光度计比色法测定。

## 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, 用 SAS 9.1 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

### 2.1 饲料 NDF 水平对生长獭兔生长性能的影响

由表 2 可以看出, 饲料 NDF 水平对试验兔平均日增重和料重比有显著影响( $P < 0.05$ )。随着饲料 NDF 水平的升高, 平均日增重先升高后降低, 在饲料 NDF 水平为 30% 时最高, 料重比先降低后升高, 在 30% NDF 组达到最低, 不同组间平均日采食量差异不显著( $P > 0.05$ )。

表 2 饲料 NDF 水平对生长獭兔生长性能的影响

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

项目 Items	NDF 水平 NDF level/%					R-MSE	P 值 P-value
	26	28	30	32	34		
平均日增重 ADG/(g/d)	19.76 <sup>ab</sup>	20.24 <sup>b</sup>	20.63 <sup>b</sup>	19.50 <sup>ab</sup>	18.60 <sup>a</sup>	2.123 8	0.023 2
平均日采食量 ADFI/(g/d)	78.45	79.13	78.82	79.54	77.92	3.079 9	0.086 5
料重比 F/G	3.97 <sup>b</sup>	3.91 <sup>b</sup>	3.82 <sup>a</sup>	4.08 <sup>c</sup>	4.19 <sup>c</sup>	0.716 5	0.033 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( $P < 0.01$ ), 相同或无字母肩标表示差异不显著( $P > 0.05$ )。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.

### 2.2 饲料 NDF 水平对生长獭兔氮代谢的影响

由表 3 可以看出, 饲料 NDF 水平对粪氮、可消化氮、沉积氮和氮表观消化率影响显著( $P < 0.05$ ), 其中 32% 和 34% NDF 组的可消化氮显著低于 26%、28%、30% NDF 组( $P < 0.05$ ), 其他各组间无显著差异( $P > 0.05$ )。饲料 NDF 水平对氮利用率和氮生物学效价有极显著影响( $P < 0.01$ ), 其中 32% 和 34% NDF 组的氮利用率极显著低于 26%、28%、30% NDF 组( $P < 0.01$ ), 32%、34% NDF 组差异也极显著( $P < 0.01$ ), 其他各组间无显著差异( $P > 0.05$ )。不同组间食入氮、尿氮差异不显著( $P > 0.05$ )。沉积氮先增高后降低, 以 30% NDF 组最高, 这与平均日增重变化相一致。

### 2.3 饲料 NDF 水平对生长獭兔毛皮品质的影响

由表 4 可以看出, 饲料 NDF 水平对毛皮重量和毛皮面积影响极显著( $P < 0.01$ ), 其中 30%

NDF 组的毛皮重量和毛皮面积显著高于其他 4 组( $P < 0.01$ ), 随 NDF 水平的升高, 毛皮重量和毛皮面积呈现先增加后降低的变化, 并在 30% NDF 组均达到最大值, 分别为 184.63 g 和 720.00 cm<sup>2</sup>; 饲料 NDF 水平对毛皮毛囊密度、初级毛囊密度、次级毛囊密度以及 S/P 影响均不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.4 饲料 NDF 水平对生长獭兔盲肠发酵的影响

由表 5 可以看出, 盲肠内容物 pH 随饲料 NDF 水平的升高有下降趋势, 但变化不显著( $P > 0.05$ ), NH<sub>3</sub>-N 浓度随饲料 NDF 水平升高而升高, 变化也不显著( $P > 0.05$ )。总挥发性脂肪酸浓度随饲料 NDF 水平的增加而升高, 其中 34% NDF 组显著高于 26% NDF 组( $P < 0.05$ ), 其他各组无显著差异( $P > 0.05$ )。乙酸含量随饲料 NDF 水平的增加而上升, 乙酸、丙酸和丁酸含量各组差异不

显著 ( $P > 0.05$ )。32% 和 34% NDF 组乙酸/(丙酸 + 丁酸)显著高于 26% NDF 组。

表 3 饲粮 NDF 水平对生长獭兔氮代谢的影响

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

项目 Items	NDF 水平 NDF level/%					R-MSE	P 值 P-value
	26	28	30	32	34		
食入氮 IN/(g/d)	2.33	2.35	2.36	2.33	2.34	0.096 5	0.845 3
粪氮 FN/(g/d)	0.65 <sup>a</sup>	0.68 <sup>ab</sup>	0.70 <sup>ab</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.84 <sup>c</sup>	0.115 5	0.022 1
尿氮 UN/(g/d)	0.67	0.64	0.60	0.66	0.68	0.156 0	0.155 6
可消化氮 DN/(g/d)	1.68 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>	1.66 <sup>a</sup>	1.55 <sup>b</sup>	1.50 <sup>bc</sup>	0.243 9	0.027 2
沉积氮 RN/(g/d)	1.01 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>	1.06 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>	0.82 <sup>c</sup>	0.286 1	0.017 4
氮表观消化率 DN/IN/%	72.10 <sup>a</sup>	71.06 <sup>a</sup>	70.34 <sup>a</sup>	66.53 <sup>b</sup>	64.10 <sup>bc</sup>	4.937 3	0.012 6
氮利用率 RN/IN/%	43.35 <sup>Aa</sup>	43.83 <sup>Aa</sup>	44.92 <sup>Aa</sup>	38.20 <sup>Bb</sup>	35.04 <sup>Cb</sup>	5.283 7	0.006 5
氮生物学效价 RN/DN/%	60.12 <sup>ABb</sup>	61.68 <sup>ABb</sup>	63.86 <sup>Aa</sup>	57.42 <sup>Cc</sup>	55.96 <sup>Cc</sup>	5.804 0	0.009 2

表 4 饲粮 NDF 水平对生长獭兔毛皮品质的影响

Table 4 Effects of dietary NDF level on fur quality of growing Rex rabbits ( $n=8$ )

项目 Items	NDF 水平 NDF level/%					R-MSE	P 值 P-value
	26	28	30	32	34		
毛皮重量 Fur weight/g	144.75 <sup>BCc</sup>	164.13 <sup>Bb</sup>	184.63 <sup>Aa</sup>	144.38 <sup>BCc</sup>	138.63 <sup>Cd</sup>	21.721 6	0.000 8
毛皮面积 Fur area/cm <sup>2</sup>	616.38 <sup>BCc</sup>	647.37 <sup>BCc</sup>	720.00 <sup>Aa</sup>	674.88 <sup>Bb</sup>	611.87 <sup>Cd</sup>	55.146 4	0.002 0
毛囊密度 Hair follicle density/mm <sup>2</sup>	268.85	262.88	280.77	272.53	266.33	30.564 3	0.221 6
初级毛囊密度 Primary hair follicle density/mm <sup>2</sup>	11.87	12.23	11.62	12.06	10.97	1.845 6	0.132 3
次级毛囊密度 Secondary hair follicle density/mm <sup>2</sup>	256.76	250.89	268.15	260.97	255.18	27.864 4	0.644 2
次级毛囊密度/初级毛囊密度 S/P	21.75	20.88	21.49	21.64	21.06	2.634 2	0.389 7

表 5 饲粮 NDF 水平对生长獭兔盲肠发酵的影响

Table 5 Effects of dietary NDF level on caecum fermentation of growing Rex rabbits ( $n=8$ )

项目 Items	NDF 水平 NDF level/%					R-MSE	P 值 P-value
	26	28	30	32	34		
pH	6.69	6.68	6.65	6.62	6.60	0.119 5	0.075 1
氨态氮 NH <sub>3</sub> -N/(mmol/dL)	1.77	1.80	1.87	1.89	1.95	0.047 6	0.333 6
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/dL)	2.88 <sup>a</sup>	3.18 <sup>ab</sup>	3.24 <sup>ab</sup>	3.36 <sup>ab</sup>	3.79 <sup>b</sup>	0.080 2	0.043 3
乙酸 Propionic acid/%	77.04	78.24	79.02	81.04	81.70	4.806 3	0.348 4
丙酸 Acetic acid/%	13.52	13.29	11.12	9.91	9.70	3.422 2	0.082 7
丁酸 Butyric acid/%	9.44	8.47	9.86	9.05	8.60	1.839 1	0.656 1
乙酸/(丙酸 + 丁酸) Propionic acid/(acetic acid + butyric acid)	3.36 <sup>a</sup>	3.60 <sup>ab</sup>	3.76 <sup>ab</sup>	4.27 <sup>b</sup>	4.46 <sup>b</sup>	1.007 6	0.035 4

### 3 讨论

#### 3.1 饲粮 NDF 水平与生长獭兔生长性能的关系

家兔是草食动物,需要采食一定水平的纤维

才能发挥其最佳生产性能。低纤维水平饲粮不能保证家兔正常的消化功能,在一定程度上会影响其对营养物质的消化吸收,从而会影响其增重效果。高纤维饲粮会使肠管副交感神经兴奋性增

高,引起肠道蠕动过速,饲料通过消化道速度加快,以至饲料在盲肠内的滞留时间过短,也削弱家兔对营养物质的消化吸收利用<sup>[9]</sup>。金岭梅<sup>[10]</sup>报道,当粗纤维水平由 12% 增加到 16% 时,料重比相应下降了 31.7%。Gidenne 等<sup>[3]</sup>研究了 19% 和 31% 饲料 NDF 水平对断奶前后幼兔的影响,结果是 31% NDF 组较 19% NDF 组采食量增加、平均日增重降低。陶志勇等<sup>[4]</sup>通过研究认为,饲料 NDF 水平对断奶至 2 月龄肉兔平均日增重和料重比影响显著,30% NDF 组试验兔的生长效果最好,平均日增重最高,料重比最低。本试验研究结果表明,饲料 NDF 水平显著影响试验兔的平均日增重和料重比,对试验兔平均日采食量影响不显著,这与陶志勇等<sup>[4]</sup>的研究结果基本一致。

### 3.2 饲料 NDF 水平与生长獭兔氮代谢的关系

当饲料中含氮物质被动物食入后,在动物体内进行消化代谢,含氮物质的分配主要有 2 个去处,一部分经消化道吸收被动物利用合成体蛋白质,另一部分以代谢废弃产物的形式随尿液和粪便排出体外,氮的消化利用和吸收以及排放过程构成了动物的氮代谢。动物食入的氮如果不能被机体充分的利用合成体蛋白质,就会经过脱氨基作用随尿液排出体外,饲料氨基酸平衡与否对这部分氮的影响较大<sup>[11]</sup>。粪氮是食入氮在动物消化道内没有被消化吸收利用那部分,饲料中蛋白质含量对这部分氮的影响较大<sup>[12]</sup>。饲料纤维水平对家兔氮代谢会产生一定的影响,Gutierrez 等<sup>[13]</sup>认为,饲料 NDF 水平的增加降低了早期断奶仔兔初期的干物质、粗蛋白质的表观粪消化率及氮沉积率。本试验中,沉积氮呈现先升高后降低的变化,并在 30% NDF 组达到最大,与试验兔平均日增重的变化是一致的。

### 3.3 饲料 NDF 水平与生长獭兔毛皮品质的关系

獭兔是典型的皮用型兔,其经济价值主要在于其毛皮,毛皮品质除了与品种有一定关系外,饲料营养供应也不可忽视。粗纤维是獭兔重要的营养物质来源,饲料中含量与品质会影响到獭兔的毛皮品质。毛皮品质可以从毛皮重量、毛皮面积、毛囊密度等诸多指标进行综合评定。Tortuero 等<sup>[14]</sup>用含有粗纤维为 17%、20%、23% 和 26% 的 4 种饲料饲喂 3~4 月龄獭兔,结果发现随粗纤维水平的增加,体增重、胴体重、毛皮面积和毛皮重量均下降。獭兔毛皮生长实质上就是氮沉积的结

果,随着饲料 NDF 水平的提高,毛皮面积与毛皮重量都呈现先增高后降低的变化,与氮沉积的变化趋势相一致。

毛囊根据发生时间的早晚和结构特点分为初级毛囊和次级毛囊,毛和绒都是由毛囊产生的,獭兔的初级毛囊长出的毛又被称为针毛,次级毛囊长出的毛称为绒毛。由于毛囊发育的优劣是影响毛皮重量的关键因素,所以对獭兔毛囊进行研究为提高獭兔毛皮品质具有重要的理论和实践意义。张焱如<sup>[15]</sup>研究绒山羊羊皮表明,绒山羊在刚出生时其所有的初级毛囊基本完全发育成熟,而只有少数的次级毛囊发育成熟,出生后山羊针毛的数量是不变的,只是随着皮张大小的变化,针毛的密度发生变化,受营养等其他因素的影响,绒毛数量会有差异。Rasmussen 等<sup>[16]</sup>研究表明,极低的饲料蛋白质水平可能阻碍毛囊的再生,而毛囊的再生直接影响着冬季毛皮的绒毛密度。本试验中毛囊密度、初级毛囊和次级毛囊密度均没有显著变化,可能与 5 组饲料蛋白质水平一致有关。本试验毛皮的 S/P 在 20.88~21.75 之间,与 Rasmussen 等<sup>[16]</sup>报道的 19.7~21.5 和 Rougeot 等<sup>[17]</sup>报道的 19~20 结果相接近。

### 3.4 饲料 NDF 水平与生长獭兔盲肠发酵的关系

家兔采食饲料经胃和小肠吸收后,未被消化吸收的淀粉、葡萄糖和纤维素进入盲肠,经细菌作用分解产生 VFA 和气体。VFA 经肠壁吸收利用,用于供能或其他生理活动; $\text{NH}_3\text{-N}$  是饲料蛋白质和内源尿素的分解产物,同时也是盲肠内微生物合成菌体蛋白的原料,使盲肠细菌得以生长和繁衍,并通过食软粪被家兔利用<sup>[9]</sup>。盲肠内 pH 可以用来评价发酵的程度,与家兔腹泻发生率有一定相关性,Champer 等<sup>[18]</sup>认为盲肠中 VFA 和 pH 对细菌的增殖有很大的影响,低浓度的 VFA 和高 pH 的盲肠内环境有利于大肠杆菌的繁殖。本试验结果显示,NDF 水平对盲肠 pH 影响不显著,但随 NDF 水平的升高,盲肠 pH 有降低的趋势,这与陶志勇等<sup>[4]</sup>研究结果相一致。

盲肠内容物中 VFA 的组成主要包括乙酸、丙酸、丁酸,另外还包括少量的异丁酸、戊酸和异戊酸等短链的脂肪酸。家兔盲肠内 VFA 的组成比较明确,最多的是乙酸,其次是丙酸,最少的是丁酸,这些 VFA 的量受饲料粗纤维水平的影响<sup>[19]</sup>。Gidenne 等<sup>[3]</sup>的试验显示,盲肠内 VFA 浓度随纤维

水平增加而提高,粗纤维水平提高可显著提高乙酸含量和降低丙酸、丁酸含量,这与本试验结果基本一致。

#### 4 结 论

综合本试验测定指标可以得出,断奶至 3 月龄獭兔饲料的适宜 NDF 水平为 30%。

#### 参考文献:

- [ 1 ] DE BLAS C, FRAGA M J, RODRIGUEZ J M. Units for feed evaluation and requirements for commercially grown rabbits [ J ]. *Animal Science*, 1985, 40: 1021 – 1028.
- [ 2 ] DE BLAS C, WISEMAN J. The nutrition of the rabbit [ M ]. Wallingford: CABI Publishing, 1998: 279 – 308.
- [ 3 ] GIDENNE T, JEHL N M, SEGURA M. Microbial activity in the caecum of the rabbit around weaning: impact of dietary fiber deficiency and of intake level [ J ]. *Animal Science and Technology*, 2002, 99: 107 – 118.
- [ 4 ] 陶志勇, 李福昌. 日粮中性洗涤纤维水平对断奶至 2 月龄肉兔生产性能、消化代谢和盲肠发酵的影响 [ J ]. *动物营养学报*, 2005, 17(4): 56 – 61.
- [ 5 ] NRC. Nutrient requirements of rabbits [ S ]. 2th ed. Washington, D. C. : National Academy Press, 1977.
- [ 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 ] 张丽英. 饲料分析及质量检测技术 [ M ]. 3 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 53 – 56.
- [ 8 ] 腾可导. 彩图家畜组织学与胚胎学实验指导 [ M ]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008: 216 – 224.
- [ 9 ] 卢卡金. 家兔营养生理学 [ M ]. 文光华, 译. 北京: 农业出版社, 1984: 11 – 33.
- [ 10 ] 金岭梅. 日粮粗纤维水平对兔饲料转化率的影响 [ J ]. *甘肃畜牧兽医*, 1994(6): 8 – 9.
- [ 11 ] AHMED B M, ASHOUR A M. Protein quality and amino acid requirement of Baladi rabbits [ J ]. *World Review of Animal Production*, 1984, 55: 58 – 60.
- [ 12 ] DAHLMAN T, VALAJA J. Growth and fur characteristics of blue foxes fed diets with different protein levels and with or without DL-methionine supplementation in the growing-furring period [ J ]. *Canadian Journal of Animal Science*, 2003, 83: 239 – 245.
- [ 13 ] GUTIERREZ I, ESPINOSA A, GARCIA J. Effect of levels of starch, fiber and lactose on digestion and growth performance of early-weaned rabbits [ J ]. *Animal Science*, 2002, 80: 1029 – 1037.
- [ 14 ] TORTUERO F, RIVOERREZ J. Effect of dietary fiber on the performance of growing, volatile fatty acid production, intestinal microflora and mineral balance in Rex rabbits [ J ]. *Animal Science and Technology*, 1996, 40: 23 – 29.
- [ 15 ] 张焱如. 内蒙古白绒山羊皮肤毛囊活性的变化规律及生长激素受体在毛囊中的定位研 [ D ]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2001: 34 – 36.
- [ 16 ] RASMUSSEN P V, BRSTING C F. Effects of variations in dietary protein levels on hair growth and pelt quality in mink (*Mustela vison*) [ J ]. *Canadian Journal of Animal Science*, 2000, 80: 633 – 642.
- [ 17 ] ROUGEOT J, ALLAIN D, MARTINET L. Photoperiodic and hormonal control of seasonal coat changes in mammals with special reference to sheep and mink [ J ]. *Acta Zoologica Fennica*, 1984, 171: 13 – 18.
- [ 18 ] CHAMPER K A, MAURICE D V. Response of early weaned rabbits to source and level of dietary fiber [ J ]. *Journal of Animal Science*, 1983, 56(5): 1105 – 1114.
- [ 19 ] 李福昌. 家兔营养 [ M ]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008: 33.

## Dietary Neutral Detergent Fiber Level Affects Growth Performance, Nitrogen Metabolism, Fur Quality and Caecum Fermentation of Rex Rabbits from Weaning to 3 Months of Age

REN Dianfu 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 dietary neutral detergent fiber (NDF) level on growth performance, nitrogen metabolism, fur quality and caecum fermentation of Rex rabbits from weaning to 3 months of age. Two hundred weaner Rex rabbits with similar body weight were randomly assigned to 5 groups with 40 replicates in each group and 1 rabbit per replicate. Rabbits in the 5 groups were fed experimental diets containing 26%, 28%, 30%, 32% and 34% NDF, respectively. The trial lasted for 7 days for adaptation, and 53 days for test. By breeding experiment, digestibility and metabolism experiment as well as slaughtering experiment, the related indexes were determined. The results showed as follows: 1) with the increase of dietary NDF level, average daily gain (ADG) tended to be increased firstly and then decreased, while feed/gain (F/G) showed the opposite trend, the highest ADG (20.63/d) and the lowest F/G (3.82) both appeared in 30% NDF group. 2) With the increase of dietary NDF level, retention nitrogen (RN) was increased firstly and then decreased, the highest level was in 30% NDF group; digestible nitrogen (DN,  $P < 0.05$ ) and digestible nitrogen/nitrogen intake (DN/IN,  $P < 0.01$ ) in 32% and 34% NDF groups were significantly lower than those in the other 3 groups. 3) The weight (184.63 g) and area (720.00 cm<sup>2</sup>) of fur in 30% NDF group were significantly higher than those in other groups ( $P < 0.01$ ). 4) Dietary NDF level had influence on ammonia nitrogen concentration and contents of propionic acid, acetic acid and butyric acid ( $P > 0.05$ ). In conclusion, the optimal dietary NDF level for Rex rabbits from weaning to 3 months of age is 30%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(3):543-549]

**Key words:** neutral detergent fiber; Rex rabbit; growth performance; nitrogen metabolism; fur quality; caecum fermentation