

不同中性洗涤纤维与淀粉比例饲料对生长肉兔生产性能、盲肠发酵及胃肠道发育的影响

朱岩丽 李福昌* 王春阳 王雪鹏

(山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018)

摘要: 本试验旨在研究不同中性洗涤纤维(NDF)与淀粉比例饲料对生长肉兔生产性能、盲肠发酵及胃肠道发育的影响。选用平均体重相近的35日龄断奶新西兰肉兔200只,随机分成4组,每组50只,分别饲喂NDF与淀粉比例为2.3(NDF,336 g/kg DM;淀粉,145 g/kg DM; I组)、1.9(NDF,306 g/kg DM;淀粉,164 g/kg DM; II组)、1.4(NDF,273 g/kg DM;淀粉,192 g/kg DM; III组)和1.0(NDF,250 g/kg DM;淀粉,250 g/kg DM; IV组)的试验饲料。预试期7 d,正试期40 d。结果表明:饲料NDF与淀粉比例对试兔平均日增重(ADG)、料重比(F/G)影响显著($P < 0.05$),对平均日采食量(ADFI)无显著影响($P > 0.05$)。随着NDF水平降低和淀粉水平的升高,ADG先升高后降低,以II组最高,为23.59 g/d;F/G先降低后升高,以II组最低,为2.93。试兔平均腹泻天数随饲料NDF水平升高而极显著降低($P < 0.01$)。II组试兔的胃重、小肠重、盲肠重以及小肠长度均为最高(长),且饲料NDF与淀粉比例对胃重、小肠重的影响达到显著水平($P < 0.05$)。饲料NDF与淀粉比例对盲肠内容物丙酸含量有显著影响($P < 0.05$),对pH、氨态氮浓度、乙酸含量和丁酸含量及乙酸/(丙酸+丁酸)无显著影响($P > 0.05$)。II和III组盲肠内容物丙酸含量显著高于I和IV组($P < 0.05$)。饲料NDF与淀粉比例对试兔十二指肠绒毛高度有极显著的影响($P < 0.01$),对试兔十二指肠隐窝深度及绒毛高度/隐窝深度无显著影响($P > 0.05$)。以II组试兔的十二指肠绒毛长度最长,达到851.02 μm ,极显著高于其他各组($P < 0.01$)。综合本试验测定指标,生长肉兔饲料适宜的NDF水平为305.7 g/kg DM,淀粉水平为163.8 g/kg DM,NDF与淀粉比例为1.9。

关键词: 中性洗涤纤维;淀粉;肉兔;生产性能;盲肠发酵;胃肠道发育

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2013)08-1791-08

肠道疾病是危害养兔业的主要疾病之一,其发病率高,损失大,是肉兔养殖业的主要制约因素^[1],为世界各国养兔者所关注。家兔是单胃草食动物,较高的饲料纤维水平可以减少家兔腹泻^[2]。Tao等^[3]研究表明,24%和27%中性洗涤纤维(NDF)组新西兰肉兔的腹泻率和死亡率明显高于30%、33%和36% NDF组。饲料中适宜的酸性洗涤纤维(ADF)水平可维持肉兔消化道健康,降低腹泻率^[4]。但是,过高的饲料纤维水平会加

重动物的肠道负担,降低营养物质消化率等^[5-6]。因此,家兔饲料中纤维水平应保持在一个合理的比例,才能保证其对家兔的营养作用。此外,为了保证供给家兔足够的能量,低纤维水平的饲料淀粉水平会较高。相关研究表明,高淀粉饲料会因微生物的大量繁殖而导致家兔消化紊乱、腹泻、生长迟缓,甚至死亡^[7-8]。本试验拟通过探讨不同NDF与淀粉比例饲料对生长肉兔生产性能、盲肠发酵及胃肠道发育的影响,为家兔养殖生产中肉

收稿日期:2013-03-07

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:朱岩丽(1978—),女,山东临沂人,博士研究生,从事动物营养与免疫学研究。E-mail: zyl0539@163.com

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

兔饲粮适宜的 NDF 和淀粉水平以及 NDF 与淀粉比例的确实提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验饲粮

参照 NRC (1977)^[9] 兔营养需求和 de Blas 等^[5] 的研究结果, 配制 NDF 与淀粉比例分别为 2.3、1.9、1.4 和 1.0 的试验饲粮, 并加工成直径为

4~6 mm 的颗粒饲料。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

1.2 试验动物与饲养管理

选用 200 只体重相近的断奶新西兰肉兔(35 日龄), 随机分成 4 组, 每组 50 只(公母各占 1/2)。4 组试兔分别饲喂 NDF 与淀粉比例分别为 2.3 (I 组)、1.9 (II 组)、1.4 (III 组) 和 1.0 (IV 组) 的试验饲粮。预试期 7 d, 正试期 40 d。

表 1 试验饲粮组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets

g/kg

项目 Items	NDF 与淀粉比例 NDF/starch ratio			
	2.3	1.9	1.4	1.0
原料(风干基础) Ingredients (air-dry basis)				
玉米 Corn	180	200	240	350
豆粕 Soybean meal	180	180	180	180
小麦麸 Wheat bran	150	180	190	130
花生秧 Peanut vine	460	410	360	310
磷酸氢钙 CaHPO ₄	15	15	15	15
食盐 NaCl	5	5	5	5
预混料 Premix ¹⁾	10	10	10	10
合计 Total	1 000	1 000	1 000	1 000
营养水平(干物质基础) Nutrient levels (DM basis) ²⁾				
干物质 DM	877.0	878.4	875.2	875.4
酸性洗涤纤维 ADF	167.3	157.1	150.5	110.0
酸性洗涤木质素 ADL	49.2	45.7	41.7	35.5
中性洗涤纤维 NDF	336.1	305.7	272.8	249.5
粗纤维 CF	137.9	127.9	125.2	86.9
淀粉 Starch	145.1	163.8	191.5	250.0
粗灰分 Ash	100.8	95.8	88.1	77.7
粗蛋白质 CP	173.6	174.2	183.2	183.7
钙 Ca	12.5	11.4	11.3	13.2
磷 P	6.7	7.2	7.1	6.9

¹⁾ 预混料为每千克饲粮提供 The premix provides the following per kilogram of diets: VA 8 000 IU, VD₃ 1 000 IU, VE 50 mg, 赖氨酸 Lys 1.5 g, 蛋氨酸 Met 1.5 g, Cu 50 mg, Fe 100 mg, Mn 30 mg, Mg 150 mg, I 0.1 mg, Se 0.1 mg。

²⁾ 营养水平均为实测值。Nutrient levels are measured values.

试兔饲养在同一兔舍内, 每 2 只试兔放于 1 个笼子内饲养, 管理和卫生条件相同, 常规免疫。每日饲喂 2 次, 自由采食和饮水, 不饲喂任何抗生素, 发现病死兔隔离并记录。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生产性能

试验开始时和结束时测定各组的体重, 统计喂料量, 计算平均日采食量、平均日增重和料重比; 统计试验期间每组试兔腹泻总时间, 计算腹泻

指数。腹泻指数以平均腹泻时间表示, 计算公式如下:

$$\text{平均腹泻时间(d/只)} = \frac{\text{每组试兔腹泻总时间}}{\text{每组试兔数}^{[10]}}$$

1.3.2 饲粮营养成分

饲粮营养成分参照文献[11]的方法进行测定。

1.3.3 胃肠道发育

试验结束后每组抽取 10 只进行屠宰。试兔

屠宰后取胃、小肠和盲肠,分别测定它们与内容物的总重和小肠长度,然后去掉各自内容物后测定其自身重量。

1.3.4 盲肠内环境

盲肠内容物 pH 用 pH-3B 型酸度计测定,氨态氮($\text{NH}_3\text{-N}$)浓度采用比色法利用 UV-9100 型紫外分光光度计测定。用 SQ-206 型气相色谱仪测定盲肠内容物挥发性脂肪酸(VFA)中乙酸、丙酸、丁酸的含量,并计算乙酸/(丙酸+丁酸)。

1.3.5 肠道形态学

选取 3 只试兔屠宰后,分别取十二指肠中段,用 0.9% 的冰冷生理盐水冲洗,除去肠壁上的内容物后,取 1 cm 肠段用 4% 的多聚甲醛固定、保存。采用常规石蜡组织切片方法制作切片,每只试兔选择 3 张切片,每张选择 3~4 个视野,每个视野选取最长绒毛的高度及相应的隐窝深度进行测定^[10]。分别取其平均值作为测定结果,并计算其

比值。

1.4 统计分析

数据以平均值和均方根误差(R-MSE)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 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔生产性能的影响

由表 2 可以看出,随着饲料 NDF 水平降低和淀粉水平相应增加,试兔的平均日增重先升高后降低,在 II 组时达到最高,显著高于 I 和 IV 组($P < 0.05$);料重比则在 II 组为最低,显著低于 I 组($P < 0.05$),但平均日采食量无显著变化($P > 0.05$)。

表 2 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔生产性能的影响

Table 2 Effects of different NDF/starch ratio diets on performance of growing rabbits

项目 Items	组别 Groups				R-MSE	P 值 P-value
	I	II	III	IV		
平均日增重 ADG/(g/d)	16.48 ^b	23.59 ^a	20.38 ^{ab}	19.29 ^b	4.532 0	0.011 6
平均日采食量 ADFI/(g/d)	85.50	89.20	77.80	81.24	12.820 0	0.230 5
料重比 F/G	4.51 ^a	2.93 ^b	2.95 ^b	3.52 ^{ab}	1.242 3	0.029 9

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.

2.2 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔腹泻指数的影响

由图 1 可以看出,试兔平均腹泻天数随饲料 NDF 水平升高而极显著降低($P < 0.01$)。

2.3 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔胃肠道发育的影响

由表 3 可以看出,饲料 NDF 与淀粉比例对试兔胃重、小肠重均有显著影响($P < 0.05$),且二者均在 II 组取得最大值。小肠长度和盲肠重也以 II 组的值为最大,但各组间差异不显著($P > 0.05$)。

2.4 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔盲肠内环境的影响

由表 4 可以看出,试兔盲肠内容物 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度有随着饲料中 NDF 水平的降低先升高后降低的趋势,以 III 组最高,达到 2.24 mmol/dL,但组间差异不显著($P > 0.05$)。饲料 NDF 与淀粉比例对试兔盲肠内容物丙酸含量有显著影响($P < 0.05$),对 pH、乙酸含量和丁酸含量及乙酸/(丙酸+丁酸)无显著影响($P > 0.05$)。盲肠内容物丙酸含量以 II 和 III 组最高,为 0.05 mg/mL; I 组最低,为 0.03 mg/mL; II 和 III 组显著高于 I 和 IV 组($P < 0.05$)。

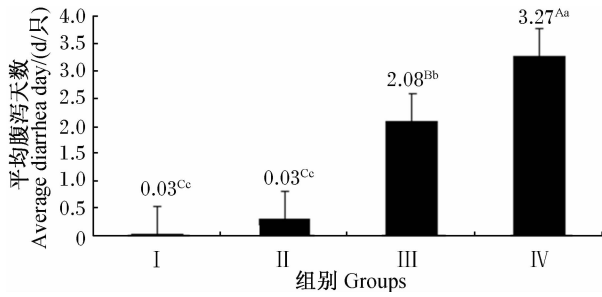


图1 试兔的平均腹泻天数

Fig. 1 Average diarrhea day of trial rabbits

2.5 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔十二指肠绒毛高度和隐窝深度的影响

由表 5 可以看出,饲料 NDF 与淀粉比例对试兔十二指肠绒毛高度有极显著影响 ($P < 0.01$),对试兔十二指肠隐窝深度及绒毛高度/隐窝深度的影响不显著 ($P > 0.05$)。随着 NDF 水平的降低和淀粉水平的升高,试兔十二指肠绒毛长度先升高后降低,以 II 组试兔的十二指肠绒毛长度为最长,达到 851.02 μm ,极显著高于其他各组 ($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔生产性能及腹泻率的影响

在肉兔饲养过程中,能量的需求在饲料组成中占据重要地位,而能量的来源主要是饲料中的纤维和淀粉。由于家兔属于草食单胃动物,饲料纤维是饲料配比中最重要的组分,大量的研究证明纤维在预防家兔腹泻方面起着重要作用^[12-13],但过高的纤维水平并不能等同于家兔会产生较高的生产性能,因此在肉兔养殖中一般以淀粉作为主要的能量来源。Blas 等^[14]指出,降低饲料纤维水平和增加淀粉水平可提高兔的生长速度。本试验中生产性能测定结果表明,不同纤维与淀粉比例饲料对生长肉兔平均日增重和料重比均有显著

影响。在 NDF 与淀粉比例为 1.9 时达到最佳平均日增重和料重比。Aboul-Ela^[15]试验指出,饲喂高纤维-低能量饲料时,在家兔 4~6 周龄时可获得较佳的增重效果,其病死率在 7~12 周龄时最低;而当饲喂低纤维-高能量饲料时,其消化率和营养价值得到改善,育肥期的生长性能得到增强,但断奶初期的增重不佳,病死率也较高。因此,生产实践中筛选合适的 NDF 与淀粉比例可以有效维护家兔健康,同时兼顾最佳生长率。在本试验中,生长肉兔的腹泻指数(用平均腹泻天数表示)随饲料 NDF 与淀粉比例的升高而降低,与 Perez 等^[16]的报道一致,其试验结果显示可消化纤维与淀粉比例从 0.64 升至 2.08 时,4~7 周龄家兔腹泻致死率从 6.7% 下降至 2.4%。Soler 等^[17]研究表明,4~6 周龄家兔的死亡率随着饲料可消化纤维与淀粉比例的增加而显著降低,在 7~9 周龄时这种趋势逐渐平缓。

3.2 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔胃肠道发育的影响

本试验结果表明,饲料中 NDF 与淀粉比例能显著影响家兔的胃重、小肠重,高淀粉低 NDF 饲料能够促进胃肠道发育,但各组的试验数据并不是与饲料 NDF 与淀粉比例呈正相关,而是以 II 组的胃重和小肠重为最高,而 I 组以上指标均为最低。许多研究致力于饲料粗纤维水平对家兔胃肠道发育的影响,认为高纤维水平饲料可以增长家兔的胃肠道容积和长度^[3,18]。但是,García 等^[19]对不同来源的纤维素(NDF 水平不同)对胃肠道发育的影响进行的研究表明胃重随着饲料 NDF 水平的升高而降低,他们认为 NDF 水平与纤维的水合能力有关;盲肠重仅与 NDF 中木质素的比率有关。因此,试验中得出上述结论也许与纤维的来源有关。从 NDF 与淀粉比例的角度来讲,我们认为饲料 NDF 和淀粉配比要有个合理的比例才能促进胃肠道的良好发育,与生产性能指标相一致。

3.3 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔盲肠内环境的影响

在本研究中发现,盲肠内容物 pH 没有受到饲料中 NDF 与淀粉比例的显著影响,与 de Blas 等^[20]报道的结果不一致,他们指出饲料纤维与淀粉比例对育肥期家兔盲肠内容物 pH 的影响显著;与 Nicodemus 等^[21]报道当饲料 NDF 水平减少时内容物 pH 有下降的趋势这一观点也不一致。这

可能与纤维素的来源有关。随着饲料中 NDF 水平的下降和淀粉水平的升高,试兔盲肠内容物 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度有随之升高的趋势。Tao 等^[3]分别给兔饲喂 5 种不同 NDF 水平(24%、27%、30%、33% 和 36%)的饲料后发现,试兔盲肠内容物 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度随饲料 NDF 水平的升高呈下降趋势,本试验结果与此观点一致。但是与 Morisse 等^[22]和 Gidenne^[23]的研究结果不一致,他们认为饲料 NDF 水平的上升(分别从 29% 增加到 37% 和从 23% 增加到 32%)可引起盲肠内容物的 pH 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的增加。盲肠内容物在盲肠微生物分泌的纤维

素酶的作用下,将部分纤维分解为乙酸、丙酸和丁酸等挥发性脂肪酸,其中乙酸参与三羧酸循环,形成体脂;丙酸在肝脏中形成肝糖元;丁酸抑制消化道的蠕动。据报道,盲肠内容物中丁酸的比例随着饲料纤维与淀粉比例的下降而升高^[24-25],但 Garcia 等^[26]持不同观点,他们认为盲肠发酵模式很难被饲料纤维与淀粉比例改变。本试验结果表明,饲料 NDF 与淀粉比例对试兔盲肠内容物挥发性脂肪酸中乙酸和丁酸含量的影响不显著,而对丙酸含量有显著影响,丙酸含量随着饲料 NDF 水平的降低先升高后降低。

表 3 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔胃肠道发育的影响

Table 3 Effects of different NDF/starch ratio diets on gastrointestinal development of growing rabbits

项目 Items	组别 Groups				R-MSE	P 值 P-value
	I	II	III	IV		
胃重 SW/g	29.50 ^{ab}	31.95 ^a	31.46 ^{ab}	29.06 ^b	2.588 7	0.041 7
小肠重 SIW/g	53.18 ^b	63.80 ^a	63.17 ^a	57.20 ^{ab}	7.517 2	0.010 8
小肠长度 SIL/cm	324.44	353.10	340.00	321.44	27.424 4	0.058 5
盲肠重 CW/g	34.32	39.84	38.23	35.40	5.212 9	0.149 8

表 4 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔盲肠内环境的影响

Table 4 Effects of different NDF/starch ratio diets on caecum inner environment of growing rabbits

项目 Items	组别 Groups				R-MSE	P 值 P-value
	I	II	III	IV		
pH	6.03	6.07	6.22	6.13	0.234 1	0.325 1
氨态氮 $\text{NH}_3\text{-N}/(\text{mmol/dL})$	1.69	1.77	2.24	2.22	0.352 0	0.053 9
乙酸 Acetic acid/ (mg/mL)	0.38	0.47	0.37	0.36	0.113 0	0.395 2
丙酸 Propionic acid/ (mg/mL)	0.03 ^b	0.05 ^a	0.05 ^a	0.04 ^b	0.011 7	0.019 2
丁酸 Butyric acid/ (mg/mL)	0.14	0.16	0.12	0.14	0.048 8	0.591 4
乙酸/(丙酸+丁酸) Acetic acid/(propionic acid + butyric acid)	2.35	2.45	2.22	1.95	0.568 6	0.542 5

表 5 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔十二指肠绒毛高度和隐窝深度的影响

Table 5 Effects of different NDF/starch ratio diets on duodenum villous height and crypt depth of growing rabbits

项目 Items	组别 Groups				R-MSE	P 值 P-value
	I	II	III	IV		
绒毛高度 Villous height/ μm	632.99 ^{Cc}	851.02 ^{Aa}	751.59 ^{Bb}	723.5 ^{Bb}	95.805 3	<0.000 1
隐窝深度 Crypt depth/ μm	106.41	114.48	113.26	83.71	40.764 5	0.274 6
绒毛高度/隐窝深度 Villous height/crypt depth	6.56	9.43	7.84	9.30	3.774 3	0.217 7

3.4 不同 NDF 与淀粉比例饲料对生长肉兔十二指肠绒毛高度和隐窝深度的影响

有资料报道,饲料中不同的纤维组分影响家兔空肠和结肠的绒毛长度和肌肉层厚度,并且影响十二指肠和回肠的隐窝深度^[20]。Chiou 等^[27]研究发现,饲料 ADF 水平可以显著影响家兔十二指肠绒毛高度和绒毛高度/隐窝深度。本试验中,饲料 NDF 与淀粉比例对生长肉兔十二指肠绒毛高度有极显著影响,但对隐窝深度及绒毛高度/隐窝深度的影响不大。

4 结 论

① 饲料中 NDF 和淀粉保持在适宜的比例能使生长肉兔获得较好的生产性能。

② 饲料纤维水平和淀粉水平能够影响胃肠道发育及盲肠内环境,二者合理的配比可以维护肠道良好发育及内环境。

③ 综合本试验测定指标可以得出,生长肉兔的饲料适宜 NDF 水平为 305.7 g/kg DM,淀粉水平为 163.8 g/kg DM,NDF 与淀粉比例为 1.9。

参考文献:

- [1] MARLIER D, DEWRÉ R, DELLEUR V, et al. A review of the major causes of digestive disorders in the European rabbit [J]. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 2003, 147: 385 – 392.
- [2] DE BLAS C, WISEMAN J. The nutrition of the rabbit [M]. Wallingford, U. K. : CABI Publishing, 2010: 179 – 199.
- [3] TAO Z Y, LI F C. Effects of dietary neutral detergent fibre (NDF) on production performance, nutrient utilization, caecum fermentation and fibrolytic activity in 2-3 month New Zealand rabbits [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2006, 90: 467 – 473.
- [4] PEREZ J M, GIDENNE T, BOUVAREL I, et al. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea [J]. *Annales de Zootechnie*, 2000, 49: 369 – 377.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] CHEEKE P R, PATTON N M. Carbohydrate-overload of hindgut: a probable cause of enteritis [J]. *Journal of Applied Rabbit Research*, 1980, 3(3): 20 – 23.
- [8] BLAS E I. Almidón en la nutrición del conejo: utilización digestiva e implicaciones prácticas [D]. Ph. D. Thesis. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 1986: 227.
- [9] NRC. Nutrient requirements of rabbits [S]. 2th ed. Washington, D. C. : National Academy Press, 1977.
- [10] 彭全辉. 不同 ADF 水平饲料对肉兔生产性能、肠道黏膜免疫及盲肠发酵的影响 [D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2008: 16.
- [11] 杨胜, 丁角立, 朱玉琴, 等. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [12] BENNEGADI N, GIDENNE T, LICOIS D. Impact of fibre deficiency and sanitary status on non-specific enteropathy of the growing rabbit [J]. *Animal Research*, 2001, 50: 401 – 413.
- [13] GIDENNE T, ARVEUX P, MSDEC O. The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performance and health of the growing rabbit [J]. *Animal Science*, 2001, 73: 97 – 104.
- [14] BLAS E, CERVERA C, FERNANDEZ-CARMONA J. Effect of two diets with varied starch and fibre levels on the performances of 4 – 7 weeks old rabbits [J]. *World Rabbit Science*, 1994, 2(4): 117 – 121.
- [15] ABOUL-ELA S. Effect of dietary fiber and energy levels on performance of post [J]. *World Rabbit Science*, 2008(Suppl. 1): 61 – 75.
- [16] PEREZ J M, GIDENNE T, BOUVAREL I, et al. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performance and mortality by diarrhoea [J]. *Annales de Zootechnie*, 2000, 49: 369 – 377.
- [17] SOLER M D, BLAS E, CANO J L, et al. Effect of digestible fiber/starch ratio animal fat level in diets around weaning on mortality rate of rabbits [C] // Proceedings of 8th World Rabbit Congress, September 7 – 10, 2004, Puebla, Mexico. [S. l.]: [s. n.], 2004.
- [18] CHAO H Y, LI F C. Effect of level of fibre on performance and digestion traits in growing rabbits [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 144:

279 – 291.

- [19] GARCÍA J, CARABAÑO R, DE BLAS J C. Effect of fibre source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits [J]. *Animal Science*, 1999, 77: 898 – 905.
- [20] DE BIAS J C, SANTOMÁ G, CARABAÑO R, et al. Fiber and starch levels in fattening rabbit diets [J]. *Journal of Animal Science*, 1986, 63: 1897 – 1904.
- [21] NICODEMUS N, GARCIA J, DE BLAS J C. Effect of inclusion of sunflower hulls in the diet on performance, disaccharidase activity in the small intestine and caecal traits of growing rabbits [J]. *Animal Science*, 2002, 75: 237 – 243.
- [22] MORISSE J P, BOILLIETOT E, MAURICE R. Alimentation et modifications du milieu intestinal chez le lapin [J]. *Recueil Médecine Vétérinaire*, 1985, 161: 443 – 449.
- [23] GIDENNE T. Effect of fibre level reduction and gluco-oligosaccharide addition on the growth performance and caecal fermentation in the growing rabbit [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1995, 56: 253 – 263.
- [24] GIDENNE T, JEHL N, SEGURA M, et al. Microbial activity in the caecum of the rabbit around weaning: impact of a dietary fibre deficiency and of intake level [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2002, 99: 107 – 118.
- [25] PADILHA M T S, LICOIS D, GIDENNE T, et al. Relationships between microflora and caecal fermentation in rabbits before and after weaning [J]. *Reproduction Nutrition Development*, 1995, 35: 375 – 386.
- [26] GARCIA J, GIDENNE T, FALCAO E, et al. Identification of the main factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits [J]. *Animal Research*, 2002, 51: 165 – 173.
- [27] CHIOU P W S, YU B, LIN C. Effect of different components of dietary fibre on the intestinal morphology of domestic rabbits [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1994, 108A: 629 – 638.

Effects of Different Neutral Detergent Fiber/Starch Ratio Diets on Performance, Caecum Fermentation and Gastrointestinal Development of Growing Rabbits

ZHU Yanli LI Fuchang* WANG Chunyang WANG Xuepeng

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

Abstract: An experiment was conducted to determine the effects of different neutral detergent fiber (NDF)/starch ratio diets on performance, caecum fermentation and gastrointestinal development of growing rabbits. A total of 200 35-day-old weanling rabbits were randomly assigned to 4 groups with 50 replicates in each group, and they were fed diets with the ratios of NDF/starch were 2.3 (NDF, 336 g/kg DM; starch, 145 g/kg DM; group I), 1.9 (NDF, 306 g/kg DM; starch, 164 g/kg DM; group II), 1.4 (NDF, 273 g/kg DM; starch, 192 g/kg DM; group III) and 1.0 (NDF, 250 g/kg DM; starch, 250 g/kg DM; group IV), respectively. The trial lasted for 7 days for adaptation, and 40 days for experiment. The results showed as follows: the ratio of NDF/starch had significant influences on average daily gain (ADG) and feed/gain (F/G) ($P < 0.05$), but had no significant influence on average daily feed intake (ADFI) ($P > 0.05$). With the NDF level decreasing and starch level increasing, the ADG was firstly increased and then decreased, while the F/G had an opposite change, and the largest ADG (23.59 g/d) and the lowest F/G (2.93) were found in group II. Average diarrhea day of trial rabbits was significantly decreased with the NDF level increasing ($P < 0.01$). The values of stomach weight (SW), small intestine weight (SIW), caecum weight (CW) and small intestine length (SIL) in group II were all the largest (longest) among all groups, and the ratio of NDF/starch had a significant influences on SW and SIW ($P < 0.05$). The ratio of NDF/starch had a significant influence on propionic acid content in cecal digesta ($P < 0.05$), but had no significant influence on pH, ammonia nitrogen concentration, acetic acid content, butyric acid content and acetic acid/(propionic acid + butyric acid) in cecal digesta ($P > 0.05$). The propionic acid content in cecal digesta in groups II and III was significantly higher than that in groups I and IV ($P < 0.05$). The ratio of NDF/starch had significant influence on duodenum villous height ($P < 0.01$), but had no significant influence on duodenum and villous height/crypt depth ($P > 0.05$). And duodenum villous height was the longest in group II (851 μm), which was significantly higher than that in other groups ($P < 0.01$). Based on a comprehensive consideration of measured indices, the appropriate NDF level, starch level and NDF/starch ratio in the diet of growing rabbits are 305.7 g/kg DM, 163.8 g/kg DM and 1.9, respectively. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(8):1791-1798]

Key words: neutral detergent fiber; starch; meat rabbit; performance; caecum fermentation; gastrointestinal development