

不同中性洗涤纤维水平饲粮对肉羊生长性能和营养成分表观消化率的影响

张立涛¹ 李艳玲¹ 王金文² 崔旭奎² 孟宪锋² 屠焰¹ 刁其玉^{1*}

(1. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081; 2. 山东省农业科学院畜牧兽医研究所, 济南 250000)

摘要: 本试验旨在研究不同中性洗涤纤维(NDF)水平饲粮对肉羊生长性能和营养成分表观消化率的影响, 以确定肉羊饲粮中最佳 NDF 水平。试验动物为杜寒杂交(黑头杜泊羊×小尾寒羊) F_1 代肉用绵羊, 采用单因素完全随机区组试验设计, 将体重相近的 50 只母羊和 25 只公羊随机分为 5 个处理, 每个处理 10 只母羊和 5 只公羊, 每 5 只为 1 个重复, 公母分圈饲养。5 组试验羊饲喂粗蛋白质水平同为 14.8%, 而 NDF 水平分别为 26.51%、33.35%、38.71%、43.51%、48.35% 的试验饲粮, 考察试验羊的生长性能, 并在体重达到 30 kg 左右时进行为期 4 d 的粪袋全收粪试验, 测定饲粮营养成分的表观消化率。试验期为 48 d。结果表明: 1) 不同 NDF 水平的饲粮对试验羊净增重、平均日增重没有显著影响($P > 0.05$), 试验羊的性别对净增重、平均日增重有显著影响($P < 0.05$)。试验羊增重效果表现为 33.35% 组 $>$ 26.51% 组 $>$ 38.71% 组 $>$ 43.51% 组 $>$ 48.35% 组。2) 试验羊的干物质采食量与饲粮 NDF 水平呈现正相关关系($R^2 = 0.7446$), 并且 48.35% 组显著或极显著高于 26.51%、33.35% 和 38.71% 组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。饲粮 NDF 水平显著影响试验羊的料重比($P < 0.05$), 以 33.35% 组最低, 48.35% 组最高。3) 饲粮 NDF 水平对干物质、有机物、粗蛋白质、粗脂肪、NDF 和酸性洗涤纤维的表观消化率存在极显著影响($P < 0.01$), 各营养成分表观消化率均以 33.35% 组为最高。综合考虑生长性能和营养成分表观消化率, 在粗蛋白质水平为 14.8% 的肉羊饲粮中, 最佳 NDF 水平为 33.35%。

关键词: 肉羊; 饲粮 NDF 水平; 生长性能; 营养成分表观消化率

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)02-0433-08

粗饲料是反刍动物饲粮的重要组成部分, 粗饲料中的纤维成分是维持反刍动物营养及健康必不可少的。粗饲料的合理使用以及适宜的精粗料配比不仅关系到饲粮营养成分在反刍动物体内的利用效率, 同时也关系到饲料资源的开发利用。在评价粗饲料纤维成分营养价值时, 中性洗涤纤维(NDF)是一个代表性指标, 得到了广泛的重视。饲粮 NDF 水平主要通过影响干物质采食量(DMI)、瘤胃发酵内环境、营养成分消化率等来达到维持反刍动物健康的目的。我国是世界养羊大国, 羊只的存栏数和羊肉产量都稳居世界前列^[1],

研究肉羊饲粮的最佳 NDF 水平, 对于饲粮的合理配制、粗饲料资源的开发利用以及肉羊的饲养和育肥有着重大的实际意义。然而, 目前国内外对于 NDF 的研究主要集中在奶牛以及肉牛方面, 少数学者针对一些肉羊品种的饲粮表观消化率做了初步研究, 但是仍然存在很多空白, 需要更加全面细致的研究。鉴于此, 本试验拟通过研究不同 NDF 水平饲粮对肉羊生长性能和营养成分表观消化率的影响, 旨在为肉羊的实际生产提供理论指导, 为国家肉羊饲养标准中 NDF 水平的完善提供科学依据, 为生产实际中肉羊饲粮的配制提供数

收稿日期: 2012-08-27

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2012ZL100); 农业部公益性行业(农业)项目(200903006)

作者简介: 张立涛(1989—), 男, 山东莒南人, 硕士研究生, 从事反刍动物纤维营养研究。E-mail: yitiansky@sina.com

* 通讯作者: 刁其玉, 研究员, 博士生导师, E-mail: diaoqiuyu@mail.caas.net.cn

据支持。300 g/d 的绵羊营养需要量,并结合试验羊场饲料

1 材料与方法

1.1 试验动物

试验动物为杜寒杂交(黑头杜泊羊×小尾寒羊)F₁ 代肉用绵羊。

1.2 试验饲粮

参考 NRC(2007)30 kg 体重、平均日增重为

配方配制全混合颗粒饲料(饲粮颗粒直径为 6 mm,长度为 10 mm)^[2]。通过控制各种成分添加比例保持 5 种试验饲粮的粗蛋白质(CP)水平均为 14.8%,而 NDF 水平分别为 26.51%、33.35%、38.71%、43.51%、48.35%,其中 NDF 主要来源为羊草与苜蓿。预混料由北京精准动物营养研究中心提供。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲粮组成及营养水平(干物质基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)

项目 Items	NDF 水平 NDF level/%				
	26.51	33.35	38.71	43.51	48.35
原料 Ingredients/%					
玉米 Corn	49.83	41.11	31.83	22.77	13.84
豆粕 Soybean meal	13.18	14.12	14.68	15.39	16.18
小麦麸 Wheat bran	9.30	8.10	7.79	7.04	6.29
羊草 Chinese hay	17.97	26.87	34.84	43.19	51.72
苜蓿 Alfalfa	6.44	6.58	7.74	8.61	9.07
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.84	0.92	0.97	1.00	1.04
石粉 Limestone	0.94	0.80	0.65	0.50	0.36
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾					
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.25	9.67	9.08	8.49	7.90
精粗比 Concentrate to forage ratio	75.6:24.4	66.5:33.5	57.4:42.6	48.2:51.8	39.2:60.8
干物质 DM/%	95.96	95.95	95.49	96.03	96.14
有机物 OM/%	92.62	92.68	91.58	91.37	90.16
粗蛋白质 CP/%	14.72	14.94	14.93	14.75	14.70
粗脂肪 EE/%	3.37	3.61	3.34	3.17	3.05
灰分 Ash/%	7.38	7.32	8.42	8.63	9.84
非纤维性碳水化合物 NFC/%	48.02	40.78	34.60	29.94	24.06
中性洗涤纤维 NDF/%	26.51	33.35	38.71	43.51	48.35
酸性洗涤纤维 ADF/%	13.07	15.32	18.15	22.69	25.98
酸不溶灰分 AIA/%	1.46	1.62	1.85	2.17	2.90
钙 Ca/%	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
磷 P/%	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

¹⁾ 预混料为每千克饲粮提供 The premix provides the following per kg of diets: VA 15 000 IU, VD 5 000 IU, VE 50 mg, Fe 90 mg, Cu 12.5 mg, Mn 30 mg, Zn 100 mg, Se 0.3 mg, I 1.0 mg, Co 0.5 mg。
²⁾ 营养水平除代谢能、钙、磷为计算值外均为实测值。The nutrient levels are measured values, except that ME, Ca and P are calculated values.

1.3 试验设计

采用单因素完全随机区组试验设计,将出生月龄相近、体重相近的 50 只母羊[(25.49±4.08) kg]和 25 只公羊[(25.86±2.88) kg]随机

分为 5 个处理,每个处理 10 只母羊和 5 只公羊,每 5 只为 1 个重复,公母分圈饲养。5 个处理的试验羊分别饲喂 CP 水平一致而 NDF 水平分别为 26.51%、33.35%、38.71%、43.51%、48.35% 的

试验饲粮,并于试验开始后的第 22 天(体重达到 30 kg 左右时)对所有公羊进行为期 4 d 的消化试验(粪袋全收粪法)。

1.4 饲养管理

本试验在山东省农业科学院鲁西黑头羊种羊场进行,预饲 8 d 后开始正式试验,试验期 48 d。试验羊在购买时打好耳标,预饲前免疫注射三连四防疫苗,并灌服伊维菌素溶液(2.5 mL/只)进行驱虫处理。试验羊每 5 只为 1 圈饲养,每圈占地 12 m²,每天于 08:30 和 17:30 分 2 次定量饲喂试验饲粮,自由饮水。每天根据前 1 天料槽内剩余料重调整饲喂量,确保料槽每天有 10% 左右的剩料。

1.5 样品采集与指标测定

1.5.1 生长性能指标

试验开始和结束时分别于早晨空腹称重作为初重和末重,计算净增重(NG)和平均日增重(ADG);每日饲喂前清理料槽并称重剩料,计算平均日采食量(ADFI)和干物质采食量,并根据平均日采食量和平均日增重计算料重比(F/G)。

1.5.2 营养成分表观消化率测定

消化试验期间每日 09:00 和 17:00 分 2 次收集粪袋中的鲜粪并称重,每日收集的全天新鲜粪样按每 100 g 粪样加 5 mL 10% 硫酸固氮。连续收集 4 d 后,将所有粪样混匀按四分法取样,在 65 ℃ 条件下烘干 48 h 后置于室温下回潮 24 h,装于样品袋中备用。消化试验期间每日饲喂前从饲粮中随机取样,将 4 d 的料样混匀后备测。

饲粮和粪样中的干物质(DM)、CP、灰分(Ash)、粗脂肪(EE)、NDF 和酸性洗涤纤维(ADF)含量的测定方法参照张丽英^[3]编写的《饲料分析及饲料质量检测技术》进行。饲粮中非纤维性碳水化合物(NFC)含量按下式计算:

$$NFC = 100 - (NDF + CP + EE + Ash)^{[4]}$$

采用酸不溶灰分(AIA)作为内源指示剂进行营养成分表观消化率的计算,计算公式如下:

$$\text{某营养成分的表观消化率}(\%) =$$

$$1 - bc/ad。$$

式中:*a* 为饲粮中某营养成分的含量;*b* 为粪样中某营养成分的含量;*c* 为饲粮中 AIA 的含量;*d* 为粪样中 AIA 的含量。

1.6 数据处理

试验数据利用 Excel 2007 进行初步整理,利

用 SAS 9.1 进行线性(liner)和二次曲线(quadratic)回归分析,利用 ANOVA 统计软件进行方差分析,差异显著性用 Duncan 氏法进行多重比较,分别以 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 作为差异显著和极显著的判断标准。

2 结 果

2.1 不同 NDF 水平饲粮对肉羊生长性能的影响

同一组内分公母统计试验羊的增重情况,结果见表 2。5 个处理中公羊与母羊的始重均差异不显著($P > 0.05$),符合随机分组的原则。无论是公羊还是母羊,其末重、净增重以及平均日增重各组间均无显著差异($P > 0.05$),但在数值上净增重和平均日增重公羊与母羊均表现为 33.35% 组 > 26.51% 组 > 38.71% 组 > 43.51% 组 > 48.35% 组。饲喂同一 NDF 水平饲粮的公羊的平均日增重显著高于母羊($P < 0.05$)。

同一组内不分公母统计试验羊的干物质采食量和料重比,结果见表 3。试验羊的干物质采食量随 NDF 水平的升高而升高,与 NDF 水平呈现正相关关系($R^2 = 0.7446$, $P = 0.0009$),并且 48.35% 组显著或极显著高于 26.51%、33.35% 和 38.71% 组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),其中 48.35% 组比干物质采食量最低的 26.51% 组高出 209.53 g/d。此外,48.35% 组的料重比显著高于 26.51%、33.35% 和 38.71% 组($P < 0.05$),其中 48.35% 组比料重比最低的 33.35% 组提高了 31.73%,其他各组间差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 不同 NDF 水平饲粮对肉羊营养成分表观消化率的影响

试验中对所有公羊进行了粪袋全收粪,并测定了各营养成分的表观消化率,结果如表 4 所示。NDF 水平对 DM、OM、CP、EE、NDF 和 ADF 表观消化率均产生了极显著影响($P < 0.01$)。其中,DM、OM 表观消化率均以 33.35% 组最高,48.35% 组最低,各组间差异显著或极显著($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);CP、EE 表观消化率均以 33.35% 组最高,且 33.35% 组极显著高于其他各组,26.51% 组极显著高于 43.51% 和 48.35% 组($P < 0.01$);NDF、ADF 表观消化率均表现为 33.35% 组 > 38.71% 组 > 26.51% 组 > 43.51% 组 > 48.35% 组,且 33.35% 组极显著高于其他各组($P < 0.01$),38.71% 组极显著高于 26.51%、

43.51% 和 48.35% 组 ($P<0.01$)。

通过二次曲线回归分析,可以看出各营养成分表观消化率随 NDF 水平的升高表现出二次曲线

变化规律,均有先升高后降低的趋势。但因营养成分的不同, R^2 值也不同,其中 DM、OM 表观消化率的 R^2 值较高。

表 2 不同 NDF 水平饲料对肉羊增重的影响

Table 2 Effects of diets with different NDF levels on weight gain of meat sheep

项目 Items	性别 Sex	NDF 水平 NDF level/%					SEM	P 值 P-value
		26.51	33.35	38.71	43.51	48.35		
始重	公 Male	24.88	26.83	26.13	25.63	27.20	1.90	0.798 1
IBW/kg	母 Female	24.51	25.00	25.25	24.94	24.85	2.20	0.999 6
末重	公 Male	38.15	40.87	39.08	38.33	38.90	2.62	0.939 3
FBW/kg	母 Female	35.76	36.83	36.43	36.09	35.55	1.64	0.986 4
净增重	公 Male	13.28	14.03	12.95	12.70	11.70	2.15	0.789 4
NG/kg	母 Female	11.23	11.84	11.18	11.14	10.70	1.25	0.988 9
平均日增重	公 Male	276.56	292.36	269.79	264.58	243.75	44.83	0.789 4
ADG/(g/d)	母 Female	233.85 *	246.73 *	232.99 *	232.18 *	222.92 *	26.04	0.988 9

同一项目中,母羊数据肩标 * 表示与同组公羊相比有显著差异 ($P<0.05$)。

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 ($P<0.01$),相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

In the same item, values of female sheep with * superscript means significant difference compared with the male sheep in the same group ($P<0.05$).

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

表 3 不同 NDF 水平饲料对肉羊干物质采食量和料重比的影响

Table 3 Effects of diets with different NDF levels on DMI and F/G of meat sheep

项目 Items	NDF 水平 NDF level/%					SEM	P 值 P-value
	26.51	33.35	38.71	43.51	48.35		
始重 IBW/kg	24.81	25.46	25.54	24.87	25.99	0.96	0.806 1
末重 FBW/kg	36.65	38.01	37.32	36.92	36.84	1.45	0.894 4
平均日增重 ADG/(g/d)	246.77	261.45	245.27	240.97	225.97	15.94	0.485 2
干物质采食量 DMI/(g/d)	1 213.20 ^{Cc}	1 245.89 ^{BCc}	1 296.82 ^{ABCbc}	1 365.15 ^{ABab}	1 422.73 ^{Aa}	48.45	0.004 2
料重比 F/G	4.94 ^b	4.79 ^b	5.31 ^b	5.69 ^{ab}	6.31 ^a	0.35	0.010 5

3 讨 论

3.1 不同 NDF 水平饲料对肉羊生长性能的影响

3.1.1 不同 NDF 水平饲料对肉羊增重及料重比的影响

生长性能是反刍动物摄入营养物质后体内吸收利用效率的表达,NDF 的作用主要表现在影响反刍动物的干物质采食量、瘤胃发酵内环境以及各营养成分的表观消化率,这些影响的综合作用就会对反刍动物生长性能的表达产生一定的影响。

吴秋钰等^[5]设计了 35.88%、39.30%、43.13% 3 种 NDF 梯度的饲料进行肉牛育肥试验,结果表明育肥效果 35.88% 组 > 39.30% 组 > 43.13% 组,各组间差异显著。本试验中,公羊与母羊无论是净增重还是平均日增重均表现为 33.35% 组 > 26.51% 组 > 38.71% 组 > 43.51% 组 > 48.35% 组,虽未出现显著性差异,但与肉牛的增重趋势一致,没有出现显著性差异的原因可能与动物种类和增重幅度有关。另外,本试验中,试验羊在试验期内的增重数据个体间差异较大,在统计上增加了组内误差,因而影响了最终增重

组间误差的表达,这也是试验羊的净增重、平均日增重未能表现出显著差异的原因之一。本试验中,26.51%组增重低于33.35%组,究其原因可能是由于26.51%组精粗比例高达75.7:24.3,过高的精料比例产生了一系列的消化生理反应,影响了肉羊对于营养物质的吸收利用,降低了增重。消化试验结果也表明,26.51%组的营养成分表观

消化率低于33.35%组,这说明过高的精料比例会影响瘤胃的发酵,进而影响反刍动物的饲料利用效率,这也是26.51%组料重比高于33.35%组的原因。因此,从本试验结果可以看出,饲粮NDF水平在一定程度上会影响肉羊的增重,适当降低NDF水平(即精粗比)有助于肉羊的增重,但是当饲粮NDF水平过低时反而又会产生抑制作用。

表 4 不同 NDF 水平饲粮对肉羊营养成分表观消化率的影响									
Table 4 Effects of diets with different NDF levels on nutrient apparent digestibility of meat sheep									%
项目 Items	NDF 水平 NDF level/%					SEM	P 值 P-value	二次曲线分析 Quadratic analysis	
	26. 51	33. 35	38. 71	43. 51	48. 35			R ²	P 值
									P-value
干物质 DM	69. 94 ^{Bb}	78. 32 ^{Aa}	63. 83 ^{Cc}	57. 66 ^{Dd}	53. 10 ^{De}	1. 26	<0. 000 1	0. 767 6	<0. 000 1
有机物 OM	72. 37 ^{Bb}	81. 02 ^{Aa}	66. 54 ^{Cc}	60. 84 ^{Dd}	55. 99 ^{De}	1. 38	<0. 000 1	0. 754 6	<0. 000 1
粗蛋白质 CP	71. 30 ^{Bb}	81. 53 ^{Aa}	67. 70 ^{B^{Cc}}	66. 67 ^{Cc}	65. 69 ^{Cc}	1. 86	<0. 000 1	0. 363 6	0. 006 9
粗脂肪 EE	74. 43 ^{Bb}	82. 10 ^{Aa}	67. 21 ^{B^{Cc}}	60. 65 ^{Cc}	60. 66 ^{Cc}	3. 69	<0. 000 1	0. 514 6	0. 000 4
中性洗涤纤 NDF	36. 49 ^{Cc}	58. 71 ^{Aa}	43. 26 ^{Bb}	35. 59 ^{Cc}	34. 68 ^{Cc}	1. 95	<0. 000 1	0. 404 7	0. 003 3
酸性洗涤纤 ADF	34. 09 ^{Cc}	53. 09 ^{Aa}	39. 53 ^{Bb}	33. 02 ^{Cc}	32. 43 ^{Cc}	2. 87	<0. 000 1	0. 349 0	0. 008 9

本试验中,饲喂同一NDF水平饲粮时,公羊的增重显著高于母羊,这符合公羊与母羊的生理特点。相对于母羊,公羊的采食量较高,摄入的营养物质较多,因此增重较快。

3.1.2 不同NDF水平饲粮对肉羊干物质采食量的影响

反刍动物瘤网胃的胃壁上分布着许多连续的接触性受体,这些受体随着食糜重量的增多和体积的增大,会反射性地抑制动物的采食行为,限制动物的干物质采食量^[6]。而反刍动物对于能量的需求也影响干物质采食量,当饲粮中的能量较低时,反刍动物需要采食更多的饲粮来满足自身的能量需求。Michael等^[7]通过奶牛方面的试验指出,基于不影响奶牛乳脂率的前提下,当饲粮NDF水平高于25%时,随着NDF水平的提高,奶牛干物质采食量降低。

本试验中随NDF水平的升高,饲粮代谢能逐渐降低,肉羊需要采食更多的饲粮来满足自身对能量的需求,因此干物质采食量呈线性显著升高,但是并没有出现过高的NDF水平抑制干物质采食量的现象。NRC(2001)^[4]中引用Mertens的观点认为当饲粮能量浓度能够满足反刍动物能量需求时,NDF水平不会抑制干物质采食量。这说明本

试验NDF水平为48.35%的饲粮能量浓度依旧能够满足肉羊的能量需求。

3.2 不同NDF水平饲粮对肉羊营养成分表观消化率的影响

3.2.1 不同NDF水平饲粮对肉羊DM、OM表观消化率的影响

饲粮中NDF水平增加时,NFC的比例减少,纤维含量增加,而过高的纤维含量会降低饲粮在瘤胃的滞留时间,加快饲粮在胃肠道中的流通速度,减少了DM、OM的降解,从而降低OM、NFC、CP、EE以及钙、磷等矿物质的肠道消化率和全消化道消化率^[8]。饲粮中NDF水平的升高是通过降低饲粮精粗比来实现的,Valdes等^[9]通过羊的自由采食试验得出,增加饲粮中粗料的比例会降低DM、OM的表观消化率。门小明等^[10]通过设计3种不同精粗比(20:80、30:70、40:60)的饲粮进行小尾寒羊母羊自由采食条件下的消化试验,结果表明DM、OM表观消化率随着精料比例的升高显著或者极显著升高。本试验中饲粮NDF水平从33.35%升高到48.35%时显著降低了DM、OM的表观消化率,这与上述报道一致。

本试验结果表明,26.51%组DM、OM的表观消化率显著低于33.35%组,这说明过高的精料比

例会降低 DM、OM 的表观消化率。王加启等^[11]曾报道当饲料中精料比例超过 70% 时, OM、NDF、ADF 的表观消化率都有不同程度地降低; 周汉林等^[12]也曾报道当饲料中精料比例达到 70% 时, DM 的表观消化率显著降低。饲料中 NDF 水平过低而精料比例过高时, 大量的 NFC 发酵会降低瘤胃内 pH, 影响瘤胃内微生物酶的活性^[12], 降低微生物降解饲料的能力, 从而降低 DM、OM 的表观消化率。

3.2.2 不同 NDF 水平饲料对肉羊 CP、EE 表观消化率的影响

微生物蛋白 (MCP) 是瘤胃微生物利用饲料蛋白质降解产生的氨、肽、氨基酸作为氮源, 利用碳水化合物发酵产生的挥发性脂肪酸等作为碳源合成的^[13], 是评价反刍动物蛋白质表观消化率的重要指标。瘤胃中碳源和氮源的比例是否适宜决定了 MCP 合成效率的高低, 瘤胃中碳水化合物与蛋白质是否同步降解决定着 MCP 的合成数量^[14]。结构性碳水化合物 (SC) 与非结构性碳水化合物 (NSC) 的比例影响 MCP 的合成数量和效率^[15], SC 在瘤胃中的降解速度慢而 NSC 的降解速度快, NDF 水平的升高伴随着粗料的增多, 使得 SC 与 NSC 的比例升高, 导致瘤胃中碳水化合物的降解变慢, 所以 MCP 的合成数量和效率也随之降低。周永康等^[13]在徐滩山羊上的研究也表明随着 SC 与 NSC 比例的降低, MCP 的合成量增加。由于 NFC 与 NSC 成分大致相同, 并且 NSC 的测定方法比较复杂, 通常在实际中应用 NFC 来替代 NSC^[16], 本试验中随着 NDF 水平的升高, 饲料中 NFC 的比例逐渐降低, CP 和 EE 的表观消化率逐渐下降, 并呈现显著性差异。同样, 过高的 NFC 比例也会通过降低瘤胃 pH 来限制微生物酶的活性, 从而抑制 MCP 的合成量。本试验中, 26.51% 组的 CP 和 EE 表观消化率极显著低于 33.35% 组, 试验结果符合动物本身的生理营养。

3.2.3 不同 NDF 水平饲料对肉羊纤维成分表观消化率的影响

纤维的消化受饲料组成成分、瘤胃发酵环境、瘤胃微生物组成以及饲料在瘤胃存在时间等影响。研究表明, 随着精料比例的增加, 无氮浸出物的含量也随之增加, 大量的可快速发酵的碳水化合物在瘤胃内发酵, 会降低瘤胃 pH, 使纤维分解菌的活性降低 (纤维分解菌的活性在 pH 低于 6.2

时会受到抑制)^[12], 从而使 NDF 的表观消化率降低。在高粗料饲料中分解纤维素的细菌占主要地位, 而当饲料中精料比例增加时, 分解淀粉等物质的细菌数量逐渐增加。因此, 当饲料中可发酵碳水化合物增加到一定程度后, 后者在瘤胃中占主导地位, 从而使纤维物质的消化受到抑制^[17]。同时, 随着精料比例的增加, 虽然瘤胃消化 NDF、ADF 的能力下降, 但是适宜的精料比例也增加了过瘤胃蛋白质、脂肪等营养物质的数量, 为后肠道尤其是盲肠提供了更适宜的发酵环境, 促进了盲肠微生物的生长^[18], 增强了对 NDF、ADF 的消化, 使 NDF、ADF 的消化在后肠道得到补偿。另外, 瘤胃对高纤维含量饲料的 NDF、ADF 的消化能力虽然增加, 但是本试验中 NDF 水平高的饲料组干物质采食量显著高于 NDF 水平低的饲料组, 这说明随着 NDF 水平的升高, NDF 的摄入量也随着增加, 这也会影响 NDF、ADF 的表观消化率。综上所述, 则出现了本试验中随着 NDF 水平的升高, NDF、ADF 的表观消化率先升高后降低, 在 NDF 水平为 33.35% 时达到最高的结果。霍鲜鲜等^[17]、谭支良^[19]都曾认为在反刍动物饲料中有一个理想的精粗比 (更准确地说是 SC 与 NSC 的比例), 使得纤维物质的表观消化率达到最高, 这与本试验结果相符。

Nelson 等^[20]研究表明, 在饲料中少量添加小麦会提高纤维的全消化道表观消化率, 但大量添加时则会显著降低。这也是因为少量添加小麦适宜的增加了 NSC 的比例, 导致过瘤胃淀粉、蛋白质、脂肪等营养物质的增多, 增强了后肠道的发酵能力, 使 NDF、ADF 的消化得到补偿。孔祥浩等^[21]对杂交 F₁ 代羯羊的研究表明, 饲料不同 NDF 水平对肉羊纤维表观消化率没有显著影响, 但是在数值上表现出和本试验结果一致的变化趋势, 本试验之所以出现显著性差异, 可能与肉羊的品种以及饲料的组成成分不同有关。

4 结 论

① 在本试验条件下, 不同 NDF 水平饲料显著影响肉羊的干物质采食量、料重比和营养成分的表观消化率。

② 综合上述各项指标, 在 CP 水平为 14.8% 的肉羊饲料中, 最佳 NDF 水平为 33.35%。

参考文献:

- [1] 许贵善,刁其玉,纪守坤,等. 不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的影响[J]. 动物营养学报,2012,24(5):953-960.
- [2] 刁其玉. 肉羊饲养实用技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009:12-14.
- [3] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 3版. 北京:中国农业大学出版社,2007.
- [4] NRC. Nutrient requirements of dairy cattle[S]. Washington, D. C.: National Academy Press, 2001.
- [5] 吴秋钰,徐廷生,王玉琴,等. 不同中性洗涤纤维与无氮浸出物比例饲粮对肉牛增重及营养成分消化率的影响[J]. 畜牧与兽医,2009,41(11):33-35.
- [6] ALLEN M S. Relationship between forage quality and dairy cattle production[J]. Journal of Animal Feed Science and Technology, 1996, 59: 51-60.
- [7] MICHAEL S, ALLEN M S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle[J]. Journal of Dairy Science, 2000, 83: 1598-1624.
- [8] 祁茹,林英庭. 日粮物理有效中性洗涤纤维对奶牛营养调控的研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2010(5): 52-55.
- [9] VALDES C, CARRO M D, RANILLA M J, et al. Effect of forage to concentrate ratio complete diets offered to sheep on voluntary food intake and some digestive parameters[J]. Journal of Animal Science, 2000, 70: 119-126.
- [10] 门小明,雒秋江,唐志高,等. 3种不同精粗比日粮条件下空怀小尾寒羊母羊的消化与代谢[J]. 中国畜牧兽医, 2006, 33(10): 13-17.
- [11] 王加启,冯仰廉. 不同粗饲料日粮发酵规律及合成瘤胃微生物蛋白质效率研究[J]. 黄牛杂志, 1994, 71: 82-87.
- [12] 周汉林,莫放,李琼,等. 日粮中性洗涤纤维水平对中国荷斯坦公牛营养物质消化率的影响[J]. 海南大学学报:自然科学版, 2006, 24(3): 276-281.
- [13] 周永康,赵国琦. 日粮中 SC:NSC 对徐淮山羊碳水化合物利用的影响[D]. 硕士学位论文. 扬州:扬州大学, 2008: 31-32.
- [14] 李满全,高民. 日粮 SC:NSC 比例对泌乳早期奶牛生产性能和消化性能的影响[D]. 硕士学位论文. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2010: 42-43.
- [15] HOOVER W H, STOKES S R. Balancing carbohydrates and protein for optimum rumen microbial yield[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 71: 3630-3644.
- [16] 李艳玲,孟庆翔. 非纤维性碳水化合物水平对活体外瘤胃发酵和产生共轭亚油酸的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2006(17): 31-34.
- [17] 霍鲜鲜,侯先志. 日粮不同碳水化合物比例对绵羊瘤胃内纤维物质降解率的影响[J]. 甘肃畜牧兽医, 2004(1): 6-8.
- [18] 禹爱兵,范忠军,周永康,等. 不同碳水化合物结构组成日粮在徐淮白山羊消化道内降解利用的研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(12): 7157-7160.
- [19] 谭支良. 绵羊日粮中不同碳水化合物和氮源比例对纤维物质消化动力学的影响及组合效应评估模型[D]. 博士学位论文. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 1998: 42-46.
- [20] NELSON M L, FINLEY J W. Effect of soft white wheat addition to alfalfa grass forage on heifer gain, diet digestibility and *in vitro* digestion kinetics[J]. Journal of Animal Feed Science Technology, 1989, 24: 141-150.
- [21] 孔祥浩,贾志海,郭金双,等. 不同 NDF 水平肉羊日粮养分表观消化率研究[J]. 动物营养学报, 2010, 22(1): 70-74.

Effects of Diets with Different Neutral Detergent Fiber Levels on Growth Performance and Nutrient Apparent Digestibility of Meat Sheep

ZHANG Litao¹ LI Yanling¹ WANG Jinwen² CUI Xukui²

MENG Xianfeng² TU Yan¹ DIAO Qiyu^{1*}

(1. Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Animal Science Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250000, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of diets with different neutral detergent fiber (NDF) levels on growth performance and nutrient apparent digestibility of meat sheep, and to determine dietary optimal NDF level of meat sheep. This experiment was performed with hybrid F₁ sheep of Black Head Dorper sheep × Small Tail Han sheep. Fifty female lambs and twenty-five male lambs with the similar body weight were randomly assigned to five groups with ten female lambs and five male lambs each group (five lambs per replicate) by a single factor completely randomized block design. Female and male lambs were separated to feed. Each group was fed one of the five experimental diets which had the same crude protein level (14.8%) and different NDF levels. The NDF levels of the five experimental diets were 26.51%, 33.35%, 38.71%, 43.51% and 48.35%, respectively. Growth performance was measured, and the nutrient apparent digestibility was determined by a 4-day digestive trial which was conducted after the body weight of sheep reached about 30 kg. The experiment lasted for 48 days. The results showed as follows: 1) there were no significant effects on net weight gain and average daily gain of sheep fed diets with different NDF levels ($P > 0.05$), but sex of sheep played a significant role on those ($P < 0.05$). The order of weight gain effect was 33.35% group > 26.51% group > 38.71% group > 43.51% group > 48.35% group. 2) Dry matter intake of sheep had a positive correlation with dietary NDF level ($R^2 = 0.7446$), and showed a significant difference between 48.35% group and 26.51%, 33.35% or 38.71% groups ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). Dietary NDF level had a significant effect on feed/gain ($P < 0.05$), the 33.35% group was the lowest and the 48.35% group was the highest. 3) Dietary NDF level had significant effects on apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, NDF and acid detergent fiber ($P < 0.01$), and the highest values of them were all found in 33.35% group. Through a comprehensive consideration of growth performance and nutrient apparent digestibility, this experiment recommended 33.35% as the optimal dietary NDF level of meat sheep when dietary protein level is 14.8%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(2):433-440]

Key words: meat sheep; dietary NDF level; growth performance; nutrient apparent digestibility

* Corresponding author, professor, E-mail: diaoqiyu@mail.caas.net.cn