

饲粮结构与非结构碳水化合物比例对绵羊消化代谢的影响

吴秋珏^{1,2}, 郝正里¹, 李发弟^{1,3*}, 张晓庆¹, 李勇¹, 叶得河⁴

(1. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 兰州 730070;

2. 河南科技大学动物科学技术学院, 洛阳 471003; 3. 甘肃省饲料工程技术研究中心, 兰州 730000; 4. 甘肃农业大学动物医学院, 兰州 730070)

摘要:旨在探讨绵羊饲粮的结构碳水化合物(Structural carbohydrate, SC)与非结构碳水化合物(Nonstructural carbohydrate, NSC)的适宜比例。选用6只1.5岁左右,装有十二指肠近端套管和瘤胃瘘管的甘肃高山细毛羊羯羊,按3×3有重复拉丁方设计(3个饲养循环,每个循环为预试期10 d,收集期9 d),研究3种饲粮(I、II、III)的SC/NSC比(1.57、1.95、2.29)对绵羊胃内、肠内、全消化道内养分表观消化率及氮代谢的影响。结果表明:饲粮I的DM和OM全消化道消化率极显著高于III($P < 0.01$);饲粮间NDF和ADF的全消化道消化率的差异均不显著($P > 0.05$);3种饲粮的DM、NDF胃内、肠内消化率也无显著差异($P > 0.05$)。饲粮I全消化道氮消化量极显著高于II、III($P < 0.01$),II也极显著高于III($P < 0.01$);呈现出饲粮II胃内氮消化率高于I、III($P = 0.278$)和饲粮I、II全消化道氮消化率($P = 0.244$)及氮存留量($P = 0.091$)较高的趋势。结果提示,SC/NSC为1.57时,绵羊消化代谢的各项指标最优。

关键词:结构性碳水化合物;非结构性碳水化合物;消化;代谢;绵羊

中图分类号:S826.5

文献标识码:A

文章编号:0366-6964(2009)01-0066-06

Effects of Ratios of Structural to Nonstructural Carbohydrate in Diets on Digestion and Metabolism for Sheep

WU Qiu-jue^{1,2}, HAO Zheng-li¹, LI Fa-di^{1,3*}, ZHANG Xiao-qing¹, LI Yong¹, YE De-he⁴

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 3. Gansu Feed Engineer Technology Research Center, Lanzhou 730000, China; 4. College of Animal Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: This study was conducted to investigate the suitable ratios of structural to nonstructural carbohydrates(SC/NSC) in diets for sheep. Six Gansu high mountain fine wethers fitted with permanent ruminal and proximal duodenal cannulae, about one and half years old, and weighing 25-30 kg, were used according to a double 3×3 Latin square design with the three feeding cycles of 19 days each (10 days for adapting and 9 days for sampling) to study the effects of ratios of SC/NSC in the three diets of I, II and III (1.57, 1.95 and 2.29, respectively) on apparent digestion in stomach, mid-and hind-gut and in the total tract, and also on the retention of nitrogen. The results showed that DMD and OMD in total tract for diet I were higher than those for diet

收稿日期:2008-01-07

基金项目:国家农业科技成果转化基金项目(2008GB2G100324);教育部春晖计划项目(Z2004-1-62022);甘肃省农业科技成果转化基金项目(0704XCNA008)

作者简介:吴秋珏(1979-),女,河南南阳人,讲师,硕士,主要从事反刍动物营养与饲料研究,E-mail:wuqiuju@163.com

* 通讯作者:李发弟(1963-),男,教授,博导,E-mail:Lifd@gsau.edu.cn

Ⅲ ($P < 0.01$). No significant difference on NDFD and ADFD in total tract among the three diets was observed ($P > 0.05$). Differences of DMD and NDFD in stomach, in mid-and hind-gut among the three diets were not significant ($P > 0.05$). Digested N were higher for diet I than that for diet II and III ($P < 0.01$), and for diet II than those for diet III also ($P < 0.01$). There were the tendencies that ND in stomach of diet II ($P = 0.278$), and ND in total tract ($P = 0.244$) and retention of N ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$, $P = 0.091$) of diet I, II were superior to other diets. These results indicated that the effects of the ratio of 1.57 for SC/NSC (diet I) on digestion and metabolism was the best.

Key words: structural carbohydrate; nonstructural carbohydrate; digestion; metabolism; sheep

饲粮中非结构碳水化合物(NSC)与结构碳水化合物(SC)的适宜比例,影响牛、羊的能量供应和瘤胃发酵状况。目前,涉及不同饲料、不同类型饲粮中NSC(或 NFC)、SC(或 NDF)含量与比例(NSC/SC或 NFC/NDF)对奶牛消化代谢和生产性能影响的研究报道较多^[1-4],绵羊方面的研究资料却很少。根据我国北方多数养羊地区的饲料供应状况,研究以玉米秸为主要粗饲料饲粮的适宜 SC/NSC 比例。

1 试验材料与方法

1.1 试验设计与实验动物

采用 3×3 有重复拉丁方试验设计。以6只

1.5岁左右,健康,体质量25~30 kg,安装有永久性瘤胃瘘管和十二指肠近端套管的甘肃高山细毛品种羯羊为实验动物;3个试验饲粮的SC/NSC比例分别为1.57、1.95、2.29;3个饲粮循环,每个饲粮循环包括预试期10 d,正试期9 d,全期共57 d。

1.2 试验饲粮

首先测定饲料原料中粗蛋白质(Crude protein, CP)、中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber, NDF)、钙(Ca)、磷(P)等成分的含量(消化能值参考饲料营养价值表),然后参照中国美利奴羊饲养标准,按1.5倍维持需要设计饲粮配方(表1)。

表1 试验饲粮配方组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient level of the diets (air-dry basis)

	饲粮处理 Treatment		
	I (SC/NSC=1.57)	II (SC/NSC=1.95)	III (SC/NSC=2.29)
原料 Ingredient			
玉米 Corn	10.00	5.90	4.50
大豆粕 Soybean meal	10.00	10.00	10.50
干甜菜渣 Dried beet pulp	15.35	11.80	5.35
苜蓿颗粒 Alfalfa pelleted	19.50	16.80	14.70
玉米秸 Corn stalk	44.20	54.55	64.00
食盐 Salt	0.45	0.40	0.37
预混料 ^[1] Microelement premix	0.15	0.15	0.15
磷酸二氢钠 NaH_2PO_4	0.35	0.40	0.43
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 ^[2] Nutrient level			
消化能 DE/(MJ · kg ⁻¹)	10.56	10.10	9.79
粗蛋白质 CP/(g · kg ⁻¹)	155.65	148.43	144.64
蛋能比 CP/DE/(g · MJ ⁻¹)	14.74	14.69	14.78
钙 Ca/(g · kg ⁻¹)	8.00	7.98	7.90
磷 P/(g · kg ⁻¹)	3.28	3.23	3.23
钙磷比(Ca/P ratio)	2.44	2.47	2.45
中性洗涤纤维 NDF	45.3	48.9	51.2
非结构碳水化合物 NSC ^[3]	26.6	23.3	20.9
非纤维碳水化合物 NFC ^[3]	30.2	26.9	24.3
中性洗涤纤维氮 NDFN	3.6	3.5	3.4
精料/粗料比(Concentrate/Roughage)	36.3 : 63.7	28.6 : 71.4	21.3 : 78.7

[1]. Provided per kg of diet; S 200 mg, Fe 25 mg, Zn 40 mg, Cu 8 mg, I 0.3 mg, Mn 40 mg, Se 0.2 mg, Co 0.1 mg; [2]. DE is calculated value. Other nutrient levels are measured values; [3]. $\text{NFC} = 100 - (\% \text{NDF} + \% \text{CP} + \% \text{Fat} + \% \text{Ash})$ ^[5]; $\text{NSC} = 100 - (\% \text{CP} + \% \text{Fat} + (\% \text{NDF} - \% \text{NDFN}) + \% \text{Ash})$ ^[1]

1.3 饲养管理

试羊被饲养于个体消化代谢笼中。试验开始前10 d进笼,使羊习惯试验条件,并逐渐过渡到完全采食试验饲料。各种饲料的饲喂状态为:玉米秸被切短至2~3 cm,玉米为整粒,干甜菜渣、苜蓿颗粒和大豆粕均为购入形态;每次饲喂前按羊采食量和配方分别称取各种饲料原料。每日08:30和16:30给予玉米秸,30 min后投喂其它饲料,自由饮水。正试期内,每天准确记录饲草、精料的投喂量,并收集称量剩草料量。

1.4 试验方法与测试指标

进行消化代谢试验与十二指肠食糜流通量测定,测出干物质(DM)、有机物质(OM)、中性洗涤纤维(NDF)和氮(N)的全消化道、胃内、肠内消化率,以及酸性洗涤纤维(ADF)全消化道消化率、N存留率。

1.4.1 消化代谢试验 采用全收粪、尿法。

正试期第1~5天,每日采集饲料与粪、尿样,将5 d的样混合成分析试样。按比例分别采集测DM、OM、NDF、ADF(60~65℃干燥)和测N(加10% H₂SO₄,4℃保存)粪样。根据试羊预试期排尿量计,在集尿瓶中预加浓H₂SO₄ 2~4 mL;每日量取试

羊排尿量的10%,倾入塑料瓶中;若尿样pH值高于2,则补加浓H₂SO₄使其降至2以下,4℃保存。

1.4.2 十二指肠食糜流通量 用AIA(4 mol 盐酸不溶灰分)作为固相标记物。分别于正试期第6天:10:00、16:00、22:00;第7天:04:00、08:00、14:00、20:00;第8天:02:00、06:00、12:00、18:00、24:00,从十二指肠瘘管采集食糜;每次收集食糜约20 mL,-20℃保藏。从各次采集的食糜样中取等量、混合,冷冻干燥成分析试样(低温保存)。

1.5 试样分析方法

DM、OM、N及AIA按《饲料分析及饲料质量检测技术》^[5]方法测定。ADF、NDF按Van Soest法测定^[6-7]。测精饲料的NDF时,参照Ferreira^[8]、Cherney^[9]、Van Soest^[10]和Dorleans^[11]的方法,先用热稳定淀粉酶处理样品,而后进行测定;蛋白质饲料须先用盐酸胃蛋白酶溶液(8 000 U·L⁻¹,盐酸为0.075 mol, Pepsin 1:10 000, Sigma P7000)处理,再用热稳定淀粉酶处理。

依照Licitra等^[12]推荐的方法测定NDFN。

1.6 结果计算与数据统计分析

1.6.1 十二指肠食糜流通量的计算

$$\text{十二指肠食糜 DM 流通量(g} \cdot \text{d}^{-1}) = \frac{\text{饲料中 AIA 重量(g} \cdot \text{d}^{-1}) \times \text{粪中 AIA 共收率}(\%) }{\text{食糜 DM 中 AIA 含量}(\%)}$$

$$\text{粪中 AIA 回收率}(\%) = \frac{\text{粪 DM 中 AIA 含量}(\%) \times \text{粪 DM 排出量(g} \cdot \text{d}^{-1})}{\text{饲料中 AIA 重量(g} \cdot \text{d}^{-1})} \times 100$$

$$\text{十二指肠某养分流通量(g} \cdot \text{d}^{-1}) = \text{十二指肠食糜 DM 流通量(g} \cdot \text{d}^{-1}) \times \text{食糜 DM 中某养分含量}(\%)$$

1.6.2 消化道养分消化率的计算

$$\text{某养分胃内消化率}(\%) = \frac{\text{某养分食入量(g} \cdot \text{d}^{-1}) - \text{某养分十二指肠流通量(g} \cdot \text{d}^{-1})}{\text{某养分食入量(g} \cdot \text{d}^{-1})} \times 100$$

$$\text{某养分肠内消化率}(\%) = \frac{\text{某养分十二指肠流通量(g} \cdot \text{d}^{-1}) - \text{某养分粪排出量(g} \cdot \text{d}^{-1})}{\text{某养分食入量(g} \cdot \text{d}^{-1})} \times 100$$

$$\text{某养分全消化道消化率}(\%) = \frac{\text{某养分食入量(g} \cdot \text{d}^{-1}) - \text{某养分粪排出量(g} \cdot \text{d}^{-1})}{\text{某养分食入量(g} \cdot \text{d}^{-1})} \times 100$$

1.6.3 数据统计分析 用SPSS10.0软件中GLM进行拉丁方方差分析,差异显著性时,采用Tukey法做多比重比较。数据以“ $\bar{x} \pm s$ ”表示。

2 结果与分析

2.1 饲料 SC/NSC 对 DM、OM、NDF 和 ADF 表观消化率的影响

从表2看出,饲料I的干物质和有机物质采食量(DMI与OMI)极显著高于饲料II和III($P < 0.01$),II也极显著高于III($P < 0.01$);但3种饲料

的ADF和NDF采食量(ADFI和NDFI)非常接近($P > 0.05$)。饲料I的干物质和有机物质全消化道消化率(DMD,OMD)极显著高于III($P < 0.01$),II与I、III间差异不显著($P > 0.05$);NDF和ADF的全消化道消化率在饲料间的差异均不显著($P > 0.05$);3种饲料的DM、NDF的胃内、肠内消化率也无显著差异($P > 0.05$)。

2.2 饲料 SC/NSC 对氮表观消化率和存留率的影响

表3显示,饲料I氮进食量、消化量极显著高于II、III($P < 0.01$),饲料II也极显著高于III($P <$

表 2 不同饲粮 SC/NSC 比对绵羊 DM、OM、NDF 和 ADF 消化率的影响

Table 2 Effects of ratios of SC and NSC in diets on apparent digestion of DM, OM, NDF and ADF

	饲 粮 Diet		
	I	II	III
干物质 DM			
采食量 Intake(DMI, g · d ⁻¹)	661.2 ± 112.1 ^A	628.6 ± 72.2 ^B	582.1 ± 123.4 ^C
十二指肠食糜流量 DM flow in duodenum (g · d ⁻¹)	408.1 ± 129.2 ^a	377.9 ± 62.7 ^a	354.6 ± 113.9 ^a
粪排出量 Excreted in feces(DMF, g · d ⁻¹)	224.3 ± 46.5 ^a	226.9 ± 29.5 ^a	223.6 ± 47.9 ^a
消化量 Digested (DDM, g · d ⁻¹)			
全消化道 In total tract	436.9 ± 70.5 ^A	401.7 ± 45.2 ^B	358.5 ± 79.1 ^C
胃内 In stomach	253.1 ± 42.0 ^a	250.7 ± 83.1 ^a	227.4 ± 60.4 ^a
肠内 In mid-and hind gut	183.8 ± 83.67 ^a	151.0 ± 68.7 ^a	131.0 ± 74.0 ^a
消化率 Digestibility(DC, %):			
全消化道 In total tract	66.20 ± 2.79 ^A	63.94 ± 1.53 ^{AB}	61.53 ± 2.33 ^B
胃内 In stomach	39.36 ± 10.43 ^a	39.42 ± 11.69 ^a	39.68 ± 9.95 ^a
肠内 In mid-and hind gut	26.84 ± 8.27 ^a	24.51 ± 12.85 ^a	21.85 ± 9.17 ^a
有机物质 OM			
采食量 Intake(OMI, g · d ⁻¹)	614.0 ± 104.1 ^A	581.1 ± 66.8 ^B	537.1 ± 113.9 ^C
粪排出量 Excreted in feces(OMF, g · d ⁻¹)	192.3 ± 39.6 ^a	194.1 ± 24.6 ^a	190.7 ± 40.0 ^a
全消化道消化量 Degested in totaltract(DOM, g · d ⁻¹)	421.7 ± 69.0 ^A	387.0 ± 43.8 ^B	346.3 ± 75.8 ^C
全消化道消化率 Digestibility in total tract(OMD, %)	68.77 ± 2.73 ^A	66.63 ± 1.24 ^{AB}	64.42 ± 1.79 ^B
中性洗涤纤维 NDF			
采食量 Intakea(NDFI, g · d ⁻¹)	345.2 ± 58.5 ^a	343.3 ± 39.9 ^a	340.9 ± 72.2 ^a
十二指肠食糜流量 NDF flow in duodenum(g · d ⁻¹)	146.7 ± 41.8 ^a	156.8 ± 31.5 ^a	135.0 ± 41.2 ^a
粪排出量 Excreted in feces(NDFf, g · d ⁻¹)	122.8 ± 26.9 ^a	132.4 ± 11.5 ^a	132.2 ± 33.8 ^a
消化量 Digested (DNDF, g · d ⁻¹)			
全消化道 In total tract	222.4 ± 39.0 ^a	210.9 ± 32.0 ^a	208.7 ± 39.1 ^a
胃内 In stomach	198.6 ± 24.7 ^a	186.5 ± 55.4 ^a	205.9 ± 39.8 ^a
肠内 In mid-and hind gut	23.8 ± 26.4 ^a	24.4 ± 38.8 ^a	2.8 ± 16.8 ^a
消化率 Digestibility(DC, %):			
全消化道 In total tract	64.48 ± 4.97 ^a	61.26 ± 2.68 ^a	61.50 ± 2.30 ^a
胃内 In stomach	55.73 ± 10.60 ^a	53.66 ± 12.31 ^a	60.72 ± 5.67 ^a
肠内 In mid and hind-gut	8.23 ± 10.88 ^a	7.60 ± 12.84 ^a	5.78 ± 11.58 ^a
酸性洗涤纤维 ADF			
采食量 Intake(ADFI, g · d ⁻¹)	231.3 ± 39.2 ^a	235.2 ± 27.4 ^a	232.2 ± 49.1 ^a
粪排出量 Excreted in feces(ADFF, g · d ⁻¹)	95.7 ± 19.3 ^a	100.7 ± 12.6 ^a	100.5 ± 24.1 ^a
全消化道消化量 Digested in total tract(DADF, g · d ⁻¹)	135.6 ± 21.9 ^a	134.5 ± 16.9 ^a	131.8 ± 27.7 ^a
全消化道消化率 Digestibility in total tract(ADFD, %)	58.76 ± 3.15 ^a	57.18 ± 2.04 ^a	56.89 ± 3.28 ^a

同行肩注有不同小写字母者差异显著($P < 0.05$), 有不同大写字母者差异极显著($P < 0.01$)。下表同

In the same row, values with different lowercase letter superscripts mean significant difference($P < 0.05$), different capital letter superscripts mean significant difference($P < 0.01$). The same as below

0.01)。采食饲粮 I 绵羊十二指肠总氮流量显著大于 II 和 III ($P < 0.05$, $P < 0.01$), 但其蛋白氮流量在饲粮间无显著差异($P > 0.05$)。呈现出饲粮 II 胃内氮消化率高于 I、III 和饲粮 I、II 全消化道氮消化率较高的趋势($P = 0.278$, $P = 0.244$); 饲粮 I、II 的氮存留量也有高于 III 的趋势($P = 0.091$)。

3 讨 论

3.1 饲粮结构与非结构碳水化合物比例对干物质采食量的影响

研究显示饲粮蛋白质含量、饲料加工方法等影响 DMI; 消化率较低的饲料限制随意采食量, 饲料中 NDF 组分的消化速率很慢, 是与瘤胃充满程度相关的主要饲料成分。试验中, DMI 和 OMI 随着饲粮中易消化碳水化合物和精料比例降低与 NDF 含量上升而下降, 各饲粮的 NDFI 和 ADFI 却很相近, 进一步肯定了 NDF 等纤维性组分是限制高粗料比例饲粮 DMI、OMI 的主要因素。3 种试验饲粮的粗蛋白质含量均在 12% 以上, 能满足瘤胃微生物和绵羊本身的需要, 不是引起 DMI 组间差异的原因。

表3 不同饲料 SC/NSC 比对氮表观消化与存留的影响

Table 3 Effects of ratios of SC and NSC in diets on apparent digestion and retention of nitrogen

	I	II	III
氮采食量 Intake(NI, $g \cdot d^{-1}$)	14.62±2.48 ^A	13.53±1.53 ^B	11.72±2.49 ^C
十二指肠总氮流量 Total N flow in duodenum($g \cdot d^{-1}$)	13.97±4.48 ^{Aa}	11.81±2.76 ^b	11.02±3.20 ^{Bb}
十二指肠蛋白 N 流量 Amino-N Flow in duodenum($g \cdot d^{-1}$)	8.49±3.52 ^a	8.15±2.00 ^a	7.55±2.33 ^a
粪排出氮 Excreted in faeces(FN, $g \cdot d^{-1}$)	1.81±0.41 ^a	1.56±0.26 ^a	1.52±0.27 ^a
氮消化量 Digested (DN, $g \cdot d^{-1}$)			
胃内 In stomach	0.65±3.29 ^a	1.72±2.55 ^a	0.69±1.98 ^a
肠内 In mid-and hind-gut	12.16±4.23 ^a	10.25±2.53 ^{ab}	9.51±3.07 ^b
全消化道 In total tract	12.81±2.39 ^A	11.97±1.49 ^B	10.20±2.42 ^C
氮消化率 Digestibility(NAD, %)			
胃内 In stomach	4.94±3.57 ^a	12.44±3.17 ^a	5.69±2.73 ^a
肠内 In mid-and hind-gut	82.50±3.34 ^a	76.00±2.87 ^a	80.94±2.56 ^a
全消化道 In total tract	87.44±0.53 ^a	88.44±0.35 ^a	86.63±0.53 ^a
氮平衡 Balance (NB)			
尿排出氮 Excreted in urine UN($g \cdot d^{-1}$)	6.99±1.85 ^a	6.04±1.38 ^a	5.70±1.33 ^a
氮存留量 Retentive(RN, $g \cdot d^{-1}$)	5.82±1.06 ^a	5.94±2.44 ^a	4.50±2.25 ^a
氮存留率 Retention(RN, %)	40.13±1.07 ^a	42.94±1.94 ^a	37.06±1.77 ^a

3.2 饲料结构与非结构碳水化合物比例对 DM、OM 与纤维组分消化的影响

在反刍动物饲料配制中,精粗比是重要的指标。研究与实践已证明,绵羊饲料精粗比大致为 40:60、50:50 时有较好的瘤胃发酵效率、消化代谢与生产效果^[13-14];谭支良等^[15]体外尼龙袋试验中,精粗比 60:40 的高产奶牛泌乳期饲料的干物质降解率高于 50:50 的饲料。但精粗比仅在一定程度上反映细胞壁物质(NDF)与可消化利用营养物质的数量关系,作为评价饲料与全混合饲料的质量指标有其明显的局限性^[13,16-18]。

谭支良等^[16]以大量麦秸作为粗料饲喂羊,当饲料中 SC:NSC=1:1.7, UDP=0.62 时,NDF 的动态降解率会产生正组合效应。谭支良等^[19]以小麦秸为粗料,加玉米淀粉调节为 6 个 SC/NSC 比例的绵羊饲料,查明 SC/NSC 为 2.40~2.64 时,有利于饲料纤维物质在瘤胃和后肠的降解与消化,提高了纤维物质的全消化道消化率。试验以玉米秸和苜蓿颗粒为粗饲料,饲料 SC/NSC 为 1.57 时,DM、OM、NDF 的全消化道消化率最高。可见,适宜的 SC/NSC 比例可能随粗料、精料来源与饲料组合而变化,很难确定适于各种饲料类型的 SC/NSC 比例范围。

若按 NSC 在总碳水化合物中的比例进行比较,本试验与谭支良报道的最佳饲料(26.9%对 27.5%~29.4%)结果相近。饲料中非纤维碳水化合物(NFC)与 NSC 不同,它包含了果胶类及有机酸;其含量也影响营养物质消化率。试验中,饲料 NFC 含

量由 30.2%(饲料 I)降到 24.3%(饲料 III),DM、OM 的全消化道消化率显著下降,NDF 的全消化道消化率也有降低的趋势。Nocek 和 Russell^[20]研究发现泌乳牛饲料中 NFC 的最佳比例应为 40%。Hoover 和 Stokes^[21]对 Nocek 和 Russell 的数据进行回归分析发现,饲料中 NFC 比例大于 45%~50%和小于 25%~30%时,产奶量下降。试验中 3 种饲料的 NFC 都接近 25%~30%范围内,故对绵羊最适宜的 NFC 比例还有待进一步试验确定。

试验结果也表明饲料 NDF 含量影响消化率,饲料 I 的 NDF 全消化道消化率呈现高于饲料 II 和 III 的趋势,其 DM、OM 的消化率则极显著高于饲料 III。

3.3 饲料结构与非结构碳水化合物对氮表观消化与代谢的影响

试验中,饲料间粗蛋白含量(155.65、148.43 和 144.64 $g \cdot kg^{-1}$)与 DMI(661.16、628.57 和 582.08 $g \cdot kg^{-1}$)的差异,导致处理间氮摄入量(NI)与 N 消化量存在显著差异。本试验条件下,饲料中 NSC 介于 23.3%~26.6%,NFC 为 26.9%~30.2%,有利于 N 的消化与利用;但对 N 利用有利的范围与 DM、OM 消化率较高的范围(NFC 30.2%、NDF 45.3%)有一些差异。在一些用奶牛进行的试验报道中,N 利用率较高的 NFC 和 NDF 水平也与本试验不同。Cherney 等^[22]报道,采食高 NFC(40%)、低 NDF(31.5%)饲料的奶牛,比采食低 NFC(30%)、高 NDF(35.8%)饲料奶牛的 N 存留率高。试验是在高粗料范围内进行比较,是否进一步提高绵羊饲料中 NSC 或 NFC 的比例更加有利,尚需进

一步深入研究。

4 结 论

本试验条件下, SC/NSC 为 1.57 饲粮的 DMI、OMI、NDFI、ADFI、NI、DMD、OMD、NDFD、ADFD 最高; SC/NSC 为 1.95 饲粮的 N 全消化道消化率、N 存留量和存留率最高。

综合各项指标认为, SC/NSC 为 1.57 饲粮相对较好, SC/NSC 为 1.95 饲粮次之, SC/NSC 为 2.29 饲粮较差。

试验测出的 NSC 与 NFC 在总碳水化合物中的最佳比例分别为 23.3%~26.6% 和 26.9%~30.2%。

参考文献:

- [1] [美] 国家科学研究委员会组织修订. 奶牛营养需要 [M]. 孟庆翔主译, 第 7 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 1-50.
- [2] BATAJOO K K, SHAVER R D. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 1994, 77: 1580-1587.
- [3] CLARK P W, ARMENTANO L E. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage[J]. *Journal of Dairy Science*, 1993, 76: 2644-2650.
- [4] SILVERT S J, SHAVER R D. Effect of nonfiber carbohydrate level and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on intake, digestion, and milk production in lactating dairy cows[J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71: 1032-1040.
- [5] 杨 胜. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993: 10-20.
- [6] VAN SOEST P J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin[J]. *Journal Association. Official Animal Chemical*, 1963, 46(8): 829-835.
- [7] VAN SOEST P J. Collaborative Study of acid-detergent fiber and lignin[J]. *Journal Association. Official Animal Chemical*, 1973, 56(2): 781-792.
- [8] FERREIRA A M, KERSTENS J, GAST C H. The study of several modification of the neutral detergent fibre procedure [J]. *Animal Feeding Science and Technology*, 1983, 9(10): 19-28.
- [9] CHERNEY D J R, PATTERSON J A, CHERNEY J H. Use of 2-ethoxyethanol and α -amylase in the neutral detergent fibre method of feed analysis[J]. *Journal of Dairy Science*, 1989, 72(12): 3079-3084.
- [10] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [11] DORLEANS M, MANDRAN N, SAUVANT D. Study of the use of a protease with the Van Soest procedure[J]. *Animal Feeding Science and Technology*, 1996, 61(8): 129-136.
- [12] LICITRA G, HERNANDEZ M, VAN SOEST P J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds[J]. *Animal Feeding Science and Technology*, 1996, 57(9): 347-358.
- [13] 魏时来, 李发弟, 郝正里, 等. 肥育羔羊对不同精粗比全饲粮颗粒饲粮养分的消化代谢效果[J]. 中国草食动物, 2002, 22(4): 6-9.
- [14] 程胜利, 郝正里, 李发弟, 等. 不同营养水平全颗粒料肥育羔羊的效果[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 36(1): 44-49.
- [15] 谭支良, SHAH M A, MURPHY M R. 日粮精粗比、能量和酵母培养物添加对体外干物质降解的影响[J]. 动物营养学报, 2004, 16(3): 26-32.
- [16] 谭支良, 卢德勋. 绵羊日粮中不同碳水化合物比例对纤维物质消化动力学参数的影响研究[C]// 中国畜牧兽医学会动物营养研究分会第三届饲料营养学术讨论会论文集—饲料营养研究进展, 1998: 146-155.
- [17] 李发弟, 郝正里, 孙玉国, 等. 不同组合全颗粒饲粮对肥育羔羊消化代谢的影响 I. 能量、ADF 和氮的消化与代谢[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 36(3): 268-272.
- [18] 刘 哲. 含不同秸秆的全饲粮颗粒料对绵羊瘤胃代谢参数及营养物质消化代谢的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2004: 10-13.
- [19] 谭支良, 周传社, SHAH M A. 日粮不同来源氮和碳水化合物比例对中性洗涤纤维体外降解率的影响[J]. 动物营养学报, 2005, 17(1): 29-30.
- [20] NOCEK J E, RUSSELL J B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production[J]. *Journal of Dairy Science*, 1988, 71(6): 2070-2107.
- [21] HOOVER W H, STOKES S R. Balancing carbohydrates and protein for optimum rumen microbial yield[J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(5): 3630-3644.
- [22] CHERNEY D J R, CHERNEY J H, CHASE L E. Influence of dietary carbohydrate concentration and supplementation of sucrose on lactation performance of cows fed fescue silage[J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(12): 3983-3991.