

文章编号: 1006-267X(1999)04-0029-11

绵羊日粮不同碳水化合物比例对纤维物质在消化道不同部位流通量和消化率的影响

谭支良

(中国科学院长沙农业现代化研究所, 湖南 长沙 410125)

卢德勋, 胡明, 牛文艺, 韩春艳, 任晓萍, 凌树礼

(内蒙古畜牧科学院, 内蒙古 呼和浩特 010030)

摘要: 本试验采用 18 头全部安装有瘤胃和十二指肠瘘管的内蒙古半细毛羊羯羊作为试验动物, 利用食糜标记物连续灌注技术, 研究了绵羊日粮中 6 个不同的结构性碳水化合物(SC)与非结构性碳水化合物(NSC)比例(分别为 3.52、3.32、2.86、2.64、2.40 和 1.88)对日粮纤维物质在绵羊消化道不同部位流通量和消化率的影响。结果表明, 当绵羊日粮中 SC:NSC 比例为 2.40~2.64(即 NSC 占整个碳水化合物的 27.5%~29.4%)时, 不仅有利于日粮纤维物质在绵羊瘤胃内和后肠道的降解与消化, 而且能使纤维物质在绵羊整个消化道的消化率得以提高。

关键词: 碳水化合物; 纤维物质; 流通量; 消化率; 绵羊

中图分类号: S 816.32; S826.5

文献标识码: A

在反刍动物大量利用低质粗饲料时, 为了实现通过营养调控达到提高粗饲料利用效率的目的, 不仅要考察日粮中的营养因子对纤维物质在反刍动物瘤胃内的降解与发酵的影响, 而且还必须观察纤维物质在整个消化道内的流通与消化过程。本研究在研究日粮中 SC 与 NSC 比例对纤维物质在生长绵羊瘤胃内的动态降解参数的影响的基础上, 进一步研究了日粮中不同 SC 与 NSC 比例对纤维物质在绵羊消化道不同部位的流通量和消化率的影响, 为生长绵羊合理配置日粮提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 食糜标记物的制备

本研究所用食糜标记物为固相食糜标记物。采用 Uden 等(1980)的方法制备标记麦秸, 其方法如下: 先将麦秸铡成 1cm 左右的碎段, 用中性洗涤剂浸泡, 然后加入 4 倍体积的重铬酸钠($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)溶液, 使铬的含量达到麦秸重量的 12%~14%, 不断搅拌成稠状, 再将其转移到带盖的搪瓷盘中, 置于 105℃ 的烘箱中烘烤 24 小时。取出后用自来水彻底冲洗以除去过剩的铬, 直至滤出的水清亮为止。加入约为麦秸重量一半左右的抗坏血酸, 搅拌后静置至少 1 小时, 使 pH 控制在 4.0 以下, 如果 pH 值达不到此要求, 则需补加抗坏血酸, 然后再彻底冲洗铬标记饲

收稿日期: 1998-09-13

表 1 饲料营养成分 (% DM)

Table 1. The chemical composition of feed raw materials (DM %)

原料 Feedstuffs	营养成分 Composition										原样中 ME [*] (MJ/kg)
	DM	CP	Fat	NDF	ADF	Ash	NDFN	CHO	NSC	SC	
麦秸 Wheat straw	92.05	04.42	1.27	82.11	57.71	08.54	1.30	85.95	05.14	80.81	04.69
玉米 Corn	86.30	08.70	3.24	13.07	05.46	01.69	1.36	86.37	74.66	11.71	12.35
麸皮 Wheat bran	89.61	16.23	3.07	27.41	11.92	04.12	2.32	76.58	51.49	25.09	09.00
菜籽饼 Rapeseed meal	94.08	27.22	8.54	39.41	33.50	16.78	9.18	44.00	13.78	30.22	12.18
豆饼 Soybean meal	89.91	39.67	5.63	18.35	15.76	09.04	6.38	45.66	33.69	11.97	12.81
骨粉 Bone meal	96.51	-	1.54	-	-	65.06	-	-	-	-	-
尿素 Urea	-	281.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* 表中 DM, CP, Fat, NDF, ADF, Ash, NDFN 和 CHO 分别表示干物质, 粗蛋白, 粗脂肪, 中性洗涤纤维, 酸性洗涤纤维, 粗灰分, 中性洗涤纤维结合氮和总碳水化合物; ME 数据引自内蒙古细毛羊饲养标准 (1992)。

料, 直至滤出水清亮为止。再放入 65 °C 烘箱中烘干, 粉碎后过 500 目筛, 备用。

1.2 试验用饲料原料的准备

试验用粗饲料选用同一地块里的同一品种小麦秸秆, 在小麦收获时购入, 用铡草机切成约 2cm 长的碎段, 贮藏备用。所需精料原料从内蒙伊利公司一次购入, 其营养成分和代谢能参数列于表 1。

1.3 试验用日粮的配制

以 1.1 倍维持需要设计基础日粮。绵羊维持能量需要按 Close 等 (1986) 的公式 $ME = 1.2 + 0.13W$ (MJ/d) 计算, 式中 W 为绵羊体重。以麦秸为粗饲料, 辅之以精补料。利用一周饲养试验的时间观察每头绵羊每天采食量, 得到麦秸日平均采食量 (g/d/头), 进而设计精料补充料配方, 再根据 1.1 倍维持需要确定每天每头绵羊所需补充的精料量。每头羊每天的精、粗料准确供给量可依基础日粮的精粗料代谢能浓度分配比例分别计算得到, 即可保证每头羊每天采食的麦秸和精补料日粮的 SC: NSC 比例相同。再通过添补玉米淀粉达到调控日粮 SC: NSC 的不同比例的目的, 而且保证了每头绵羊采食的粗蛋白质数量一致, 避免了多因素之间的相互干扰。试验用精补料配方见表 2。

1.4 试验设计

选择体况良好、体重 28kg 左右、安装有瘤胃和十二指肠瘘管的内蒙古半细毛羯羊 18 头, 统一驱虫。按体重相近原则分成 6 组, 每组 3 头。试验动物的分组与饲喂方式见表 3。

1.5 试验程序与试验方法

6 种不同 SC: NSC 比例的日粮同时饲喂给 6 组实验绵羊, 粗料于 7 时一次性供给, 精补料分别于 7 时和 19 时喂给, 自由饮水。每天准确记录精料和粗料采食量。预饲期 12 天, 每头绵羊从第 13 天起在瘤胃连续灌注 Cr 标记麦秸 NDF 40g, 分 4 次投放, 每次 10g。具体方法是将 40g Cr 标记麦秸用吸水软纸包成若干小包, 用硬质胶管通过瘤胃瘘管直接投入瘤胃并搅拌, 以利于与瘤胃液混合均匀。Cr 标记麦秸的投放与消化道不同部位取样和制样程序如下:

表 2 精补料配方及其营养水平 (%)

Table 2. The compositions of the concentrates used in the experimental diets

原料 Feedstuff (%)	营养水平 Nutrient level	预混料配方 Premix ingredients(g/kg)
玉米 Corn	036.0	ME(MJ/kg) 10.66
菜籽饼 Rapeseed meal	020.0	DM (%) 90.03
麸皮 Wheat bran	019.0	CP (%) 32.9
豆饼 Soybean meal	017.6	UDP/CP 19.52
尿素 Urea	004.0	RDP/CP 80.48
骨粉 Bone meal	000.8	UDP/RDP 00.24
食盐 Salt	001.6	Ca (%) 00.44
预混料 Premix	001.0	P (%) 00.58
总计 Total	100.0	NSC (%) 42.03
		SC (%) 17.38
		NDF (%) 21.30
		ADF (%) 13.82
		HC (%) 07.48
		CEL (%) 08.79

* 表中 UDP 和 RDP 分别表示过瘤胃蛋白和瘤胃降解蛋白;多维成分: V_A 5400 万 IU; V_{D3} 1080 万 IU; V_E 18000 IU; V_{K3} 5g; V_{B1} 2g; V_{B2} 15g; V_{B12} 0.03g; V_{B5} 35g; 泛酸钙 25g; 叶酸 0.5g; 抗氧化剂 0.2g。

表 3 日粮不同 SC:NSC 比例随机实验设计方案

Table 3. The design of randomized experiment with different SC and NSC ratios

组别 Groups	羊号 Sheep No.	体重(kg) Body weight	麦秸给量(g/d) Wheat straw Supply	精料给量(g/d) Concentrates Supply	玉米淀粉添加量(g/d) Corn starch addition	SC:NSC
1	1554	33.2	600	250	0	3.7
	1553	24.2	500	200	0	
	1559	22.9	450	180	0	
2	1500	30.6	600	250	24	3.4
	1552	25.0	500	200	19	
	1556	22.0	450	180	17	
3	1520	34.0	600	250	48	2.8
	1551	22.6	500	200	38	
	1558	21.0	450	180	34	
4	0154	34.6	600	250	72	2.6
	0153	24.0	500	200	57	
	0159	22.0	450	180	51	
5	0100	32.4	600	250	107	2.4
	0152	24.8	500	200	86	
	0156	22.4	450	180	77	
6	0120	35.6	600	250	143	1.9
	0116	22.9	500	200	114	
	0151	21.8	450	180	103	

第 1 天	06:00(起始灌注量为 30g/头)	12:00	18:00	24:00
第 2~6 天	06:00	12:00	18:00	24:00
第 7 天	(即日起开始取瘤胃液、十二指肠食糜和直肠粪样)			
	灌注时间	06:00	12:00	18:00 24:00
	采样时间	10:00	14:00	19:00 23:00
第 8 天	灌注时间	06:00	12:00	18:00 24:00
	采样时间	07:00	11:00	15:00 19:00
第 9 天	灌注时间	06:00	12:00	18:00 24:00
	采样时间	09:00	13:00	17:00 21:00
第 10 天	06:00 最后一次灌注,然后依如下时间点分别采集瘤胃液、十二指肠食糜和直肠粪样:			
		07:00	08:00	10:00 12:00 14:00 16:00 19:00 22:00
第 11 天		01:00	04:00	07:00 11:00 15:00 19:00 23:00
第 12 天		03:00	07:00	13:00 19:00
第 13 天		01:00	07:00	19:00
第 14 天		07:00	19:00	
第 15 天		07:00	(取样结束)	

第 7~9 天所取样品按等量混合制成混合样本,分析测定其 DM、OM、NDF、ADF、HC、CEL 和 Cr 含量,第 10~15 天所取样品用于测定铬含量,以计算消化道不同部位食糜流量。

1.6 样品分析方法

1.6.1 饲料原料和瘤胃食糜、十二指肠食糜和直肠粪样的 DM、OM、NDF、ADF、CEL 和 HC 的分析依据杨胜(1993)《饲料分析及饲料质量检测技术》中提出的方法进行。

1.6.2 精饲料 NDF 和 NDFN 的测定: 参照 Ferreira 等(1983)、Cherney 等(1989)、Van Soest 等(1991)和 Dorleans 等(1996)的方法测定精饲料原料中的 NDF。对于淀粉含量较高的精饲料(如玉米)中 NDF 的测定,处理过程是:称取 1g 左右的样品,加入 30ml 8M 的尿素溶液,再加入 50 μ l 的热稳定淀粉酶(Dietary fiber kit;Sigma No:A 3306),用玻璃棒搅拌打碎凝团,然后在恒温水浴装置中在 80~90 $^{\circ}$ C 下蒸煮 5 分钟,取下,室温静置 4 小时或过夜,再在纤维素抽提仪上按杨胜(1993)的 NDF 测定方法进行。对于蛋白质饲料,除了上述处理外,还必须进行如下处理:称取 1g 左右的样品,放入 100ml 的烧杯中,加入 30ml 已经预热到 37~39 $^{\circ}$ C 的盐酸胃蛋白酶溶液(8000u/l,盐酸为 0.075N, Pepsin 1:10 000, Sigma P7000)中,不断振荡以免结块,检测 pH 值,使之低于 2.0。然后将烧杯置于 37~39 $^{\circ}$ C 的水浴锅中 48 小时,分别在 8、24 和 32 小时摇动,48 小时后加 2ml 的浓盐酸,冷却到 20 $^{\circ}$ C 即可。最后,加入淀粉酶按前述程序操作。NDFN 的测定依照 Licitra 等(1996)推荐的程序进行。

1.6.3 铬的测定: 参照高民等(1993)的方法进行。取待测样品 0.1~0.5g,加入强氧化剂(10g 钼酸钠溶于 150ml 蒸馏水中,加入 150ml 浓 H₂SO₄,待冷却后加入 200ml 高氯酸)10ml,在 350 $^{\circ}$ C 的消化炉内消化约 30 分钟,到液体变成桔黄色时为止;冷却,转移,定容 100ml,静置至少 3 小时。依铬含量多少,取适量上述溶液放入 100ml 容量瓶中,加入 4ml 1:6 的硫酸和

2ml 0.5%的二苯碳酰二胍丙酮溶液,最后定容至刻度,摇匀,静置约30分钟,用721分光光度计,在500nm波长,1cm玻璃比色皿比色。用分析纯 Cr_2O_3 按上述程序制作标准曲线。

1.7 结果计算与统计分析

1.7.1 C_0 和消化道不同部位流通量的计算

根据 $C_t = C_0 e^{-kt}$ 公式,利用样品中Cr浓度与时间参数,求取 C_0 ;再用每天灌注的Cr量除以瘤胃食糜、十二指肠食糜和直肠粪样中 C_0 ,即可求得干物质在瘤胃、十二指肠和直肠部位的流通量。若计算NDF、ADF、CEL、HC和有机物质(OM)的流通量,则以食糜DM样品中NDF、ADF、CEL、HC和OM的含量乘以消化道不同部位的DM流通量,即得到各营养成分的流通量。

1.7.2 其它营养指标的计算

$$\text{CHO}(\%) = 100 - \text{CP} - \text{Fat} - \text{Ash}$$

$$\text{SC} = \text{NDF} - \text{NDFN}$$

$$\text{NSC} = 100 - (\text{NDF} + \text{CP} + \text{Fat} + \text{Ash} - \text{NDFN})$$

1.7.3 数据统计和分析在Lotus和SAS两个统计软件包上进行。

2 结果与讨论

2.1 饲用6种不同SC:NSC比例日粮的绵羊对各种营养成分的采食量和消化道不同部位的食糜流通量的影响(见表4和表5)

为了便于统计分析,对表5作一转换,即以每千克有机物质采食量为基础将表5中数据标准化,整理后结果如表6。

由表6可知,当以每千克有机物质为基础来分析消化道不同部位和日粮不同SC:NSC比例产生的营养物质流通量的差异时,6个组的DM和OM在十二指肠的流通量明显高于直肠($P < 0.01$),说明DM和OM在小肠部位被大量消化吸收;而NDF、ADF和CEL在十二指肠和直肠的流通量差异不明显,可见后肠道对粗饲料的细胞壁成分降解消化作用相对较弱。就6种不同SC:NSC比例日粮而言,第4、5和第6种日粮在直肠的DMF、OMF、NDF、ADF、

表4 饲用6种SC:NSC比例日粮的绵羊的采食量一览表(g DM/d)

Table 4. Nutrient intake of the sheep fed with 6 different SC:NSC ratio rations

组别	麦秸	精料	淀粉	DMI	NDFI	ADFI	CELI	HCI	OMI	NSCI	SCI	SC:NSC
Groups	Wheat straw	Concentrate	Corn starch									
1	483.33	210	0	633.97	405.58	282.89	220.12	122.70	517.59	109.57	392.39	3.52
2	531.33	210	20	695.72	442.31	308.53	240.63	133.48	569.89	128.75	428.54	3.32
3	506.67	210	40	690.58	424.11	295.57	230.54	127.94	566.33	144.49	410.63	2.86
4	535.23	210	60	734.54	446.22	310.95	242.90	134.38	603.76	162.75	432.40	2.64
5	564.67	210	90	787.89	469.05	326.75	255.70	140.97	649.41	189.50	454.88	2.40
6	492.33	210	120	747.65	415.04	288.54	225.69	124.72	616.90	211.44	401.74	1.88

*表中DMI,NDFI,ADFI,CELI,HCI,OMI,NSCI,SCI分别表示DM,NDF,ADF,CEL,HC,OM,NSC和SC的日平均采食量。

表 5 饲用 6 种 SC:NSC 比例日粮的绵羊消化道不同部位营养物质流通量

Table 5. Nutrient flows in different digestive tract sites of the sheep fed with 6 different SC:NSC ratio rations (g DM/d)

组别 Groups	部位 Sites	DMF	OMF	NDFF	ADFF	HCF	CEL F
1	十二指肠 Duodenum	380.70	305.07	231.96	162.82	80.52	122.78
	直 肠 Rectum	209.40	176.91	174.08	129.16	51.98	094.34
2	十二指肠 Duodenum	358.00	344.90	266.20	176.33	88.39	124.33
	直 肠 Rectum	226.06	198.53	190.91	132.77	58.14	098.38
3	十二指肠 Duodenum	426.82	366.08	277.64	187.92	85.24	132.74
	直 肠 Rectum	248.78	215.91	198.02	142.12	58.91	105.21
4	十二指肠 Duodenum	276.55	219.65	169.56	127.71	41.89	090.90
	直 肠 Rectum	142.49	122.99	112.62	079.48	33.16	057.52
5	十二指肠 Duodenum	299.75	244.38	195.63	148.67	46.96	108.66
	直 肠 Rectum	145.99	127.92	112.71	081.78	30.93	059.50
6	十二指肠 Duodenum	325.89	269.74	197.86	142.87	54.99	100.74
	直 肠 Rectum	189.32	164.51	145.64	104.09	41.55	076.53

* 表中 DMF,OMF,NDFF,ADFF,HCF 和 CEL F 分别表示 DM,OM,NDF,ADF,HC 和 CEL 的流通量。下表同。

表 6 以每千克有机物质采食量为基础的试验绵羊十二指肠和直肠部位的营养物质流通量 (g/kg, OMI/d) *

Table 6. Nutrient flows in the duodenum and rectum of the sheep on the basis of organic matter intake

组别 Groups	部位 Sites	DMF	OMF	NDFF	ADFF	HCF	CEL F
1	十二指肠 Duodenum	735.60 ^a	589.40 ^a	448.15 ^{bc}	314.57 ^b	155.75 ^a	237.21 ^a
	直 肠 Rectum	404.57 ^b	341.80 ^b	336.33 ^{cd}	249.54 ^{bc}	100.43 ^{bc}	182.27 ^{bc}
2	十二指肠 Duodenum	723.49 ^a	610.92 ^a	474.56 ^{ab}	314.45 ^b	157.91 ^a	218.71 ^{ab}
	直 肠 Rectum	412.48 ^b	357.20 ^b	344.90 ^{cd}	239.36 ^{abcd}	105.54 ^b	177.17 ^{abc}
3	十二指肠 Duodenum	756.37 ^a	648.19 ^a	492.14 ^a	334.03 ^a	151.09 ^a	237.65 ^a
	直 肠 Rectum	436.78 ^b	378.76 ^{ab}	348.36 ^{cd}	249.29 ^{bc}	103.80 ^b	184.55 ^{abc}
4	十二指肠 Duodenum	458.05 ^b	363.80 ^b	280.84 ^{def}	211.52 ^{bcde}	069.38 ^{bcd}	150.56 ^{bcd}
	直 肠 Rectum	236.00 ^d	203.71 ^d	186.53 ^f	131.64 ^e	054.92 ^d	095.27 ^d
5	十二指肠 Duodenum	463.43 ^b	377.82 ^b	302.87 ^{def}	230.38 ^{bcde}	072.48 ^{bcd}	168.58 ^{abc}
	直 肠 Rectum	227.85 ^d	199.50 ^d	176.04 ^f	127.83 ^f	048.20 ^d	093.17 ^d
6	十二指肠 Duodenum	538.02 ^b	443.37 ^b	326.40 ^{de}	234.99 ^{bcde}	091.41 ^{bcd}	166.39 ^{bcd}
	直 肠 Rectum	320.26 ^d	278.00 ^d	246.67 ^{def}	175.87 ^{de}	070.80 ^{bcd}	129.31 ^{cd}

* 表中同列肩注相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 相邻字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相间字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

HCF 和 CEL F 都分别低于第 1,2 和第 3 种日粮, 尤以第 4 和第 5 种日粮最明显 ($P < 0.05$)。由此可见, 随着 SC:NSC 比例的降低, 即日粮中非结构性碳水化合物浓度增加, 后肠道降解粗饲料细胞壁的能力有所增强, 但到达一定比例后, 又随之减弱 (如第 6 种日粮的细胞壁物质在十二指肠和直肠的流通量又高于第 4 和第 5 种日粮); 十二指肠的 DMF、OMF 和 NDFF 亦有此规律。由此表明随着日粮中 SC:NSC 比例的降低, 瘤胃降解能力也增强, 但在 SC:NSC 降低到一

定程度后,瘤胃降解能力又有下降的趋势。因此,绵羊日粮中不同的 SC: NSC 比例不仅会影响纤维物质在瘤胃内的降解发酵,而且会影响后肠道对纤维物质的消化。

2.2 进食 6 种不同 SC: NSC 比例日粮的绵羊在整个胃区、后肠道和整个消化道 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 消化率(见表 7)

由表 7 可知,日粮中 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 在整个胃区的消化率以第 4 和第 5 组最高,且明显高于第 1, 2, 3 组 ($P < 0.05$); 第 4 组和第 5 组 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 在整个胃区的消化率很接近; 当日粮中 SC: NSC 比例为 1.88 时(即第 6 组日粮), 日粮 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 在整个胃区的消化率又开始下降。由表 7 还可知, 第 5 组绵羊日粮中 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 在整个胃区的消化率略低于第 4 组日粮。而第 5 组绵羊日粮中 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 在后肠道的消化率又高于第 4 组日粮,但是它们之间的差异不显著($P > 0.05$)。因此,就整个消化道的 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 的消化率而言,当日粮中 SC: NSC 比例为 2.40 和 2.64 时最高(即第 4 和第 5 组日粮),日粮中 SC: NSC 比例超过 2.64 或低于 2.40,都会使 DM、OM、NDF、ADF、HC 和 CEL 的消化率下降。由此可证明,在日粮中保持一定水平的易发酵碳水化合物(即 NSC),不仅有助于纤维物质在瘤胃内的降解发酵,而且有利于在后肠道的发酵消化,从而提高了纤维物质在整个消化道的消化率。就本研究的结果来看,绵羊日粮中 NSC 占整个碳水化合物的 27.5%~29.4%时(即日粮中 SC: NSC 比例为 2.64~2.40),日粮中纤维物质的利用率达到最高。

Hungate (1966)、Lamb 等 (1979)、rskov 等 (1986) 和 Highfill 等 (1987) 相继报道了与本研究相似的结果。Rode 等 (1985) 用奶牛做了 4 种精粗比日粮试验(粗饲料分别为 24%, 38%, 58% 和 80%)。结果表明,对于 DM 和 ADF 在瘤胃的发酵消化以粗饲料占日粮的 38% 时为最高; 整个消化道 DM 和 ADF 的消化率亦是以粗料为 38% 时最高。Nelson 等 (1989) 则证实,在牛日粮中添补少量小麦会提高 DM 和 NDF 的消化率; 但当大量添补小麦时, CEL 和 ADF 的消化率显著下降。Stokes 等 (1991) 实验证明,当泌乳奶牛日粮中 NSC 为 38%、31% 和 24% 时, NDF 在瘤胃的消化率以 31% NSC 日粮组最高。Flachowsky 和 Schneider (1992) 证实,随着精料比例的增加,维持饲养水平的绵羊干物质消化率直线增加,而自由采食的绵羊对 DM 的消化率则与本研究结果一致。Castrillo 等 (1995) 的研究表明,随着精料比例增加和日粮中添补大麦,绵羊对有机物质和干物质的消化率增加。NDF 的消化率以添补 300g 大麦时最高,都高于添补 100g, 450g 和 600g 大麦组。上述报道与本试验的结果都证明了在反刍动物日粮中存在一个适宜的易发酵碳水化合物(NSC) 比例,可以提高动物对日粮纤维物质的利用率。

但是,Mac Gregor 等 (1983) 认为,奶牛日粮中非结构性碳水化合物浓度对 DM、NDF、HC 和 CEL 的表观消化率没有显著影响。Brink 和 Steele (1985) 证明,当奶牛日粮中玉米添补水平增加时,瘤胃内 NDF 消化下降,而在后肠道的消化率会上升。Chase 等 (1987) 的实验结果表明,在奶牛日粮中增加玉米,会使 HC 和 CEL 的消化率显著下降。Khalili 和 Huhtanen (1991) 认为,在奶牛日粮中添补蔗糖时,纤维物质在瘤胃的发酵受到抑制,尽管在后肠道有一定的提高(即后肠道的补偿消化),但细胞壁碳水化合物在整个消化道内的消化率仍然会下降。同样,Doyle 等 (1988) 和 Ortigues 等 (1989) 亦得出结论认为,绵羊和肉牛日粮中添补可发酵碳水化合物时,纤维素和半纤维素的消化在瘤胃内受到抑制,但在后肠道能得到部分补偿。Brown 和

表 7 饲用 6 种 SC:NSC 比例日粮的绵羊整个胃区、后肠道和整个消化道营养物质消化率 (g, %) *

Table 7. The digestibilities of some nutrients in the forestomach, hindguts and whole digestive tract of the sheep fed with 6 rations with different SC:NSC ratios

组别 Groups	部位 Sites	DM 消化率 DM diges- tibility	OM 消化率 OM diges- tibility	NDF 消化率 NDF diges- tibility	ADF 消化率 ADF diges- tibility	HC 消化率 HC diges- tibility	CEL 消化率 CEL diges- tibility
1	胃区 Stomach	39.95 ^d	41.06 ^d	42.81 ^{cd}	42.44 ^d	34.38 ^e	44.22 ^d
	后肠道 Hindguts	27.02 ^f	24.76 ^{efg}	14.27 ^f	11.90 ^f	23.26 ^d	12.92 ^f
	消化道 Digestive tract	66.97 ^{bc}	65.82 ^{bc}	57.08 ^{bc}	54.34 ^{bc}	57.64 ^b	57.14 ^{bcd}
2	胃区 Stomach	43.62 ^d	38.91 ^d	38.72 ^d	41.77 ^d	32.47 ^e	48.07 ^{cd}
	后肠道 Hindguts	22.97 ^f	25.37 ^{fg}	16.71 ^f	13.88 ^f	22.43 ^d	09.82 ^f
	消化道 Digestive tract	66.59 ^{bc}	64.28 ^{bc}	55.43 ^{bc}	55.65 ^{bc}	54.81 ^b	57.89 ^{abcd}
3	胃区 Stomach	37.97 ^d	35.18 ^d	34.25 ^e	35.93 ^d	33.22 ^e	41.65 ^d
	后肠道 Hindguts	26.21 ^f	26.94 ^f	19.17 ^f	16.22 ^f	20.78 ^d	12.94 ^f
	消化道 Digestive tract	64.18 ^{bcd}	62.12 ^{bc}	53.42 ^{bcd}	52.15 ^{bcd}	54.00 ^b	54.59 ^{bcd}
4	胃区 Stomach	62.35 ^d	63.62 ^{bc}	62.00 ^c	58.93 ^{abc}	68.83 ^b	62.58 ^{abc}
	后肠道 Hindguts	18.25 ^f	16.01 ^f	12.76 ^f	15.51 ^f	06.50 ^d	13.74 ^f
	消化道 Digestive tract	80.60 ^a	79.63 ^a	74.76 ^a	74.44 ^a	75.33 ^a	76.32 ^a
5	胃区 Stomach	61.80 ^d	62.22 ^{bc}	58.09 ^c	54.24 ^{bc}	66.63 ^b	57.22 ^{cd}
	后肠道 Hindguts	19.42 ^f	17.83 ^{fg}	17.56 ^f	20.38 ^f	11.18 ^d	19.15 ^e
	消化道 Digestive tract	81.22 ^a	80.05 ^a	75.65 ^a	74.62 ^a	77.81 ^a	76.37 ^a
6	胃区 Stomach	55.61 ^d	55.66 ^e	51.22 ^{cd}	49.49 ^{cd}	54.51 ^b	54.24 ^{cd}
	后肠道 Hindguts	17.97 ^f	16.54 ^g	11.82 ^f	12.60 ^f	10.17 ^d	10.11 ^e
	消化道 Digestive tract	73.58 ^b	72.20 ^b	63.04 ^b	62.09 ^b	64.68 ^b	64.35 ^b

* 表中同列肩注字母含义同表 6。

Johnson (1991) 所做的实验表明, 将糖蜜添补到奶牛日粮中尽管提高了 OM 消化率, 但 NDF 和 ADF 消化率会明显下降。上述试验结果与本研究结果不一致, 其原因是这些试验大都以奶牛作为试验动物, 试验奶牛日粮的精料水平相当高。在高水平精料日粮中添加易发酵碳水化合物, 会使瘤胃内环境发生显著变化, 特别是瘤胃液 pH 值下降, 抑制了瘤胃内纤维分解菌的活性, 进而导致纤维物质在瘤胃和整个消化道的利用率下降。

3 结论

本研究得出的结论是在绵羊日粮中添补适量易发酵碳水化合物 (NSC), 即日粮中 SC:NSC 比例为 2.40~2.64 时, 不仅有利于粗饲料细胞壁碳水化合物成分在胃区内的发酵, 而且亦能提高纤维物质在后肠道的消化能力, 进而使得绵羊对纤维物质在整个消化道的消化能力提高。

参考文献

- 高 民,冯宗慈. 1993. 一种改进的铬的测定方法. 内蒙古畜牧科学(3):42~43
- 内蒙古自治区技术监督局. 1992. 内蒙古自治区地方标准 DB15/ T30- 92,细毛羊饲养标准
- 杨 胜. 1993. 饲料分析与饲料质量检测技术. 北京:北京农业大学出版社
- Brink D R, R T Steele. 1985. Site and extent of starch and neutral detergent fibre digestion as affected by some of calcium and level of corn. *J Anim. Sci.*, 60:1330~1337
- Brown W F, D D Johnson. 1991. Effects of energy and protein supplementation of ammoniated tropical grass hay on the growth and carcass characteristics of cull cows. *J Anim. Sci.*, 69:348~357
- Castrillo C, M Fondevila J A Guada, A de Vega. 1995. Effect of ammonia treatment and carbohydrate supplementation on the intake and digestibility of barley straw diets by sheep. *Anim Feed Sci. Technol.*, 51:73~90
- Chase C C, C A Hibberd. 1987. Utilization of low quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. *J Anim. Sci.*, 65:557~566
- Cherney D J, R J A Patterson J H Cherney. 1989. Use of 2-ethoxyethanol and α -amylase in the neutral detergent fibre method of feed analysis *J Dairy Sci.*, 72:3079~3084
- Close W, K H Menke. 1986. Manual: Selected Topics in Animal Nutrition.
- Dorleans M, N Mandran, D Sauvart. 1996. Study of the use of a protease with the Van Soest procedure. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 61:129~136
- Doyle P T, H Dove, M Freer, F J Hart, R M Dixon, A R Egan. 1988. Effects of a concentrate supplement on the intake and digestion of a low quality forage by lambs. *J Agric. Sci.*, 111:503~511
- Ferreira A M, J Kerstens, C H Gast. 1983. The study of several modification of the neutral detergent fibre procedure. *Anim Feed Sci. Technol.*, 9:19~28
- Flachowsky G, M Schneider. 1992. Influence of various straw to concentrate ratios on in sacco dry matter degradability, feed intake and apparent digestibility in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 38:199~217
- Highfill B D, D L Boggs, H E Amos, J G Crickman. 1987. Effects of high fibre energy supplements on fermentation characteristics and in vivo and in situ digestibilities of low quality fescue hay. *J Anim. Sci.*, 65:224~234
- Hungate R E. 1966. The Rumen and Its Microbes. Academic Press, New York.
- Khalili H, P Huhtanen. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage based diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 33:263~273
- Lamb L S, J Eadie. 1979. The effect of barley supplements on the voluntary intake and digestion of low quality roughage by sheep. *J Agric. Sci.*, (Camb.), 92:235
- Licitra G, T M Hernandez, P J Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim Feed Sci. Technol.*, 57:347~358
- MacGrgeor C A, M R Stokes, W H Hoover, H A Leonard, L L Junkins, J R Sniffen, R W Mailman. 1983. Effect of dietary concentration of total nonstructural carbohydrate on energy and nitrogen metabolism and milk production of dairy cows. *J Dairy Sci.*, 66:39~50
- Nelson M L, J W Finley. 1989. Effect of soft white wheat addition to alfalfa-grass forage on heifer gain, diet digestibility and in vitro digestion kinetics. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 24:141~150
- rskov E R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *J Anim. Sci.*, 63:1624~1633

- Ortigue I, T Smith, J D Oldham, A B McAllan, J W Siviter. 1989. Nutrient supply and growth of cattle offered straw - based diets. *Brit. J Nutr.*, 62: 601 ~ 619
- Rode L M, D C Weakley, D Satter. 1985. Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis. *Can. J Anim. Sci.*, 65: 101 ~ 111
- Stokes S R, W H Hoover, T K Miller, R Blauweikel. 1991. Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. *J Dairy Sci.*, 74: 871 ~ 881
- Uden P, P E Colucci, P J Van Soest. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. *J Sci. Food and Agric.*, 31: 625 ~ 632
- Van Soest P J, J B Robertson, B A Lewis. 1991. Symposium: Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and non - starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.*, 74: 3583 ~ 3597

EFFECTS OF DIFFERENT PROPORTIONS OF DIETARY STRUCTURAL AND NONSTRUCTURAL CARBOHYDRATES ON FLOW AND DIGESTIBILITY OF FIBRE IN DIFFERENT DIGESTIVE SITES FOR SHEEP FED A WHEAT STRAW DIET

TAN Zhi - liang

(Changsha Institute of Agricultural Modernization, Academia Sinica, Changsha 410125, China)

**LU De - xun, HU Ming, NIU Wen - yi, HAN Chun - yan, RED Xiao - ping,
Naren, LIN Shu - li**

(Inner Mongolian Academy of Animal Science, Huhhot 010030, China)

ABSTRACT

In this paper, we used 18 Inner Mongolian sheep fitted with the ruminal and duodenal cannulae as all experimental animals, and studied the effects of 6 different ratios of dietary structural carbohydrate (SC) and nonstructural carbohydrate (NSC) on the flows and digestibilities of fibre in different digestive site for sheep fed a wheat straw diet through the continuous infusion technique of labeling digesta, 6 different ratios of SC and NSC were 3.52, 3.32, 2.86, 2.64, 2.40 and 1.88, respectively. The results show that when the range of dietary SC and NSC ratio is 2.40 ~ 2.64, it is beneficial to the degradation and digestion of dietary fibre in the rumen and hindguts of sheep, and also the fibre digestibility will be improved in the whole digestive tract of sheep.

Key words: carbohydrate; fibre; flow; digestibility; sheep; straw