

日粮精粗比对泌乳奶牛瘤胃纤维降解酶活性 及血液指标的影响^{*}

汪水平^{1,2}, 王文娟^{1,2}, 龚月生³, 谭支良¹, 王加启⁴

(1 中国科学院 亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125; 2 中国科学院 研究生院, 北京 100039;

3 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 4 中国农业科学院 畜牧研究所, 北京 100094)

[摘 要] 选择 4 头安装有瘤胃瘘管的泌乳奶牛, 按 4 × 4 拉丁方设计, 研究日粮精粗质量比约为 30 : 70 的“高低质粗料型”日粮、30 : 70 的混合型高青贮日粮、50 : 50 的精粗料比例相当的日粮及 65 : 35 的高精料日粮等 4 种不同精粗比日粮对瘤胃纤维降解酶活性及血液指标的影响。结果显示, 奶牛采食 4 种精粗比不同的日粮, 均能达到满足纤维降解及纤维分解菌生长要求的瘤胃 pH 值; 日粮精粗比对微晶纤维素、羧甲基纤维素酶、纤维二糖酶和木聚糖酶等瘤胃纤维降解酶活性的影响差异不显著 ($P > 0.05$), 对奶牛颈静脉血中血浆葡萄糖浓度和血清生长激素、胰岛素、胰高血糖素浓度亦无显著 ($P > 0.05$) 影响。说明 4 种精粗比日粮对奶牛瘤胃纤维降解酶活性及上述血液指标没有影响。

[关键词] 日粮精粗比; 纤维降解酶; 血液指标; 泌乳奶牛

[中图分类号] S823.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)05-0057-06

Effects of dietary concentrate-to-forage ratio on the activity of ruminal cellulytic enzyme and blood parameters of lactating dairy cows

WANG Shui-ping^{1,2}, WANG Wen-juan^{1,2}, GONG Yue-sheng³,
TAN Zhi-liang¹, WANG Jia-qi⁴

(1 Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Science, Changsha, Hunan 410125, China; 2 Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China; 3 College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4 Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100094, China)

Abstract: Effects of dietary concentrate-to-forage ratio on the activity of ruminal cellulytic enzyme and blood parameters were evaluated by selecting four primiparous Holstein cows with permanently ruminal cannula according to 4 × 4 Latin square design with 20-d period. Dietary concentrate-to-forage ratios were 30 : 70, 30 : 70, 50 : 50, and 65 : 35, respectively. The result showed that ruminal fluid pH matched up to the condition of fiber degradation and the growth of cellulolytic bacterium when cows were fed four diets with different concentrate-to-forage ratios; there was no significant difference ($P > 0.05$) for the activity of cellulase, glucanase, cellobiase and xylanase involved in ruminal fiber degradation and the concentration of plasma glucose and serum growth hormone, nor for the insulin and glucagon in the jugular vein of cows among four dietary treatments. The results indicated that four diets with different concentrate-to-forage ratios did not influence the activity of ruminal cellulytic enzyme of lactating dairy cows and blood pa-

^{*} [收稿日期] 2006-06-28

[基金项目] 国家“十五”重大科技专项(2002BA518A02); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-N-022, KSCX2-YW-N-49); 国家青年自然科学基金项目(30600436)。

[作者简介] 汪水平(1979-), 男, 湖北浠水人, 博士, 主要从事反刍动物生态营养与环境研究。

[通讯作者] 王加启(1967-), 男, 安徽宿州人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事反刍动物营养研究。

rameters mentioned above.

Key words : dietary concentrate-to-forage ratio ;ruminal cellulolytic enzyme ;blood parameter ;lactating dairy cows

目前,我国奶牛养殖大致存在着高粗料比例、精粗比适中及高精料比例等典型日粮结构类型。日粮结构影响着反刍动物的瘤胃发酵和后肠道消化,进而影响其生产性能^[1-2]。国内外有关日粮精粗比对奶牛消化代谢及生产性能的影响已做了大量研究^[3-6],而关于日粮不同精粗比对瘤胃纤维降解酶活性及血液指标的影响研究较少。本试验根据实际调查,结合研究条件,确定了4种日粮,以安装有永久性瘤胃瘘管的荷斯坦泌乳奶牛为试验动物,研究了日粮精粗比对瘤胃纤维降解酶活性及血液指标的影响,以期对国内奶牛饲养提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验动物及其饲养管理

选择4头质量为(482.9 ±21.2) kg、泌乳日龄为(175 ±6) d、在饲喂同一全混合日粮条件下乳产

量为(16.3 ±1.9) kg的健康初产荷斯坦奶牛,编号,驱虫,手术安装永久性瘤胃瘘管。试验牛单槽单独饲喂,日喂2次(7:30和19:30),精粗料分开,粗料喂后0.5 h喂精料,自由饮水。日挤奶2次(6:00~7:00和18:00~19:00)。

1.2 试验日粮

4种日粮的精料由玉米、豆粕、小麦麸、石粉、磷酸氢钙、食盐和预混料等组成,粗料由切碎的苜蓿干草、羊草干草和青贮玉米等组成。日粮1的粗料仅为羊草干草,精粗质量比约为30 70;日粮2系混合粗料,但青贮玉米比例高,精粗质量比约为30 70;日粮3的精粗质量比约为50 50;日粮4的精粗质量比为65 35。羊草干草粗切,长度为6~8 cm;苜蓿干草中等粗切,长度为2~4 cm;青贮玉米细切,长度为1~2 cm;精料磨碎,颗粒大小为0.15~0.25 cm。试验日粮组成及营养成分见表1。

表 1 试验日粮组成及营养成分

Table 1 Ingredients and chemical compositions of experimental diets

日粮组成 Ingredients	日粮/(g·kg ⁻¹) Diets				混日粮营养成分 Chemical compositions of TMR	日粮 Diets			
	1	2	3	4		1	2	3	4
苜蓿干草 Alfalfa hay	0.0	120.1	85.7	58.0	泌乳净能/(MJ·kg ⁻¹) NE _L	5.59	5.84	6.72	7.14
羊草干草 Chinese wildrye hay	687.5	245.7	171.4	116.0	有机物/(g·kg ⁻¹) OM	932.2	930.5	926.0	929.1
青贮玉米 Corn silage	0.0	310.5	216.9	149.9	粗蛋白质/(g·kg ⁻¹) CP	98.1	123.5	145.6	162.6
玉米 Corn	158.6	166.9	280.7	364.4	中性洗涤纤维/(g·kg ⁻¹) NDF	502.2	448.9	355.3	286.3
豆粕 Soybean meal	81.9	86.2	144.8	188.3	粗料来源的 NDF/(g·kg ⁻¹) NDF _F	467.2	407.5	285.4	194.9
小麦麸 Wheat bran	42.6	44.9	72.5	97.9	物理有效 NDF/(g·kg ⁻¹) peNDF	457.8	379.6	282.2	210.1
石粉 Calcium carbonate	5.3	6.2	11.7	12.4	中性洗涤纤维/(g·kg ⁻¹) ADF	294.7	297.3	227.3	167.6
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	14.5	9.5	6.4	3.4	粗脂肪/(g·kg ⁻¹) EE	35.7	34.1	33.6	33.5
食盐 Sodium chloride	4.5	4.7	4.6	4.6	钙/(g·kg ⁻¹) Ca	6.7	6.7	6.7	6.7
预混料 Premix	5.1	5.4	5.3	5.2	磷/(g·kg ⁻¹) P	4.2	4.2	4.2	4.2

注: 每千克预混料中含脲酶抑制剂2 500 mg,V_A 700 000 IU,V_{D₃} 120 000IU,V_{E₂} 100 mg,铁1 750 mg,铜1 600 mg,锌10 000 mg,锰3 500 mg,硒42 mg,碘84 mg; 根据NRC^[7]估算而来; peNDF,物理有效NDF,根据Mertens^[8]推荐的物理有效因子(Physical effectiveness factor,pef)参数计算,羊草干草、苜蓿干草、青贮玉米及精料的pef分别为0.95,0.85,0.85,0.40。

Note: Urease inhibitor 2 500 mg,V_A 700 000 IU,V_{D₃} 120 000 IU,V_{E₂} 100 mg,Fe 1 750 mg,Cu 1 600 mg,Zn 10 000 mg,Mn 3 500 mg,Se 42 mg,I 84 mg per kilogram premix; Estimated from NRC^[7]; Estimated from calculational method and physical effectiveness factor (pef) that Mertens^[8] recommended,and assumed that pef of Alfalfa hay,Chinese wildrye hay,corn silage and concentrate was 0.95,0.85,0.85 and 0.40,respectively.

1.3 试验设计

按4×4拉丁方设计,进行4期动物试验,每期20 d,其中预试期15 d,正试期5 d。

1.4 样品采集与预处理

1.4.1 瘤胃内容物采样与预处理 正试期第2天分别于7:30,9:30,11:30,13:30,15:30,17:30和

19:30采集瘤胃液,每时间点抽取瘤胃液100 mL,立即测定pH值。

在采集瘤胃液的前4个时间点分别从瘤胃腹侧、背侧、前部、后部和中间5个位点取瘤胃内容物。准确称取100 g放入灭菌封口袋中,加入100 mL磷酸缓冲溶液,封好袋口,适度揉搓5 min,使内容物

与缓冲液混匀,再用两层灭菌纱布过滤。取 20 mL 滤液在冰浴下进行超声波细胞破碎处理(超声探头Φ 6 mm,功率 400 W,破碎 3 次,每次 30 s,间隔 30 s),所得细胞破碎液为原酶液。

1.4.2 血样采集与预处理 正试期第 5 天分别于 7:30 和 11:30 采集颈静脉血,每时间点采集 10 mL。取全血 6 mL,室温斜置静放 1~2 h,3 000 r/min 低温(4℃)离心 20 min,所得血清于-80℃保存待测生长激素、胰岛素和胰高血糖素。取全血 4 mL,收集于经过肝素抗凝处理的离心管中,3 000 r/min 低温(4℃)离心 20 min,所得血浆于-80℃下保存待测葡萄糖。

1.5 分析方法

1.5.1 pH 值的测定 用便携式 25 型酸度计(上海第二分析仪器厂,甘汞电极)测定,测定前,使用 pH=4.01 和 pH=6.88 的标准缓冲液对 pH 计进行标定。

1.5.2 瘤胃纤维降解酶活性的测定 按照汪水平等^[9]的方法进行。其原理为:纤维降解酶在适当温度下和 pH 值,水解底物释放出的还原性葡萄糖或木糖与 3,5-二硝基水杨酸反应,颜色发生变化,显色基团在 550 nm 处的吸光度与释放出的葡萄糖或木糖量成正比,即与酶活性成正比。酶活性单位(IU)定义为每分钟每毫升酶液作用于底物生成的葡萄糖

或木糖的量(μmol/(min·mL))。

1.5.3 血液指标的测定 血浆葡萄糖采用 GOD-PAP 法用 OL YMPUS AV400 型全自动生化仪测定。血清生长激素、胰岛素和胰高血糖素采用放射免疫法测定。

1.6 数据处理

数据基本处理采用 Excell 软件,结果用 SPSS 11.5 软件中的 GLM 模块进行方差分析和显著性检验,多重比较用 Duncan 法。统计模型为: $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk}$,其中 A、P、D 分别为动物效应、试验期效应和日粮效应,μ 为总体均数, e_{ijk} 为误差项。

2 结果与分析

2.1 日粮精粗比对奶牛瘤胃 pH 值的影响

表 2 表明,饲喂不同精粗比日粮,奶牛瘤胃 pH 值在 12 h 饲喂间隔内变化规律相似。奶牛进食后瘤胃 pH 值开始下降,在进食后 2~6 h 时达到最低水平,随后逐渐回升。饲喂不同日粮奶牛瘤胃 pH 值下降幅度相当,各时间点 pH 值没有显著差异($P>0.05$)。随日粮精料水平的降低,瘤胃平均 pH 值升高;高精料日粮 4 的瘤胃平均 pH 值极显著低于其他日粮($P<0.01$),而其余三者之间差异不显著($P>0.05$)。

表 2 日粮精粗比对奶牛瘤胃 pH 值的影响

Table 2 Effect of different dietary forage to concentrate ratios on rumen pH of lactating dairy cows								
日粮 Diets	平均值 Mean	时间 Time						
		7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30
1	6.56 a	6.86 a	6.50 a	6.41 a	6.31 a	6.46 a	6.69 a	6.68a
2	6.55 a	6.89 a	6.38 a	6.34 a	6.38 a	6.54 a	6.65 a	6.69 a
3	6.46 a	6.76 a	6.19 a	6.29 a	6.30 a	6.44 a	6.60 a	6.63 a
4	6.26 b	6.61 a	6.16 a	6.03 a	6.08 a	6.13 a	6.40 a	6.41 a
SEM	0.04	0.10	0.07	0.07	0.07	0.10	0.09	0.09

注:同列数据后标字母不同者差异显著($P<0.05$);SEM 表示平均数的标准误。下表同。
Note :Different letters (a and b) in the same columns represent significant difference ($P<0.05$);SEM means standard error of mean. The following tables are the same.

2.2 日粮精粗比对奶牛瘤胃纤维降解酶活性的影响

由表 3 可以看出,日粮精粗比对奶牛瘤胃微晶纤维素酶活性平均值没有显著影响($P>0.05$),仅日粮 4 的稍高。采食日粮 1 和日粮 4 的奶牛瘤胃微晶纤维素酶活性变化规律相似,均升高到峰值后下降;日粮 2 则升高到一峰值后下降然后又升高,而日粮 3 由一峰值下降再升高。其中,进食 4 h 后,饲喂日粮 4 的奶牛瘤胃微晶纤维素酶活性与日粮 2 和 3 间表现出显著差异($P<0.05$)。

日粮精粗比对奶牛瘤胃羧甲基纤维素酶活性平均值的影响差异不显著($P>0.05$)。对于各时间点而言,日粮 1,2 和 3 均在 4 h 时羧甲基纤维素酶活性有一最小值,但相互差异不显著($P>0.05$),而日粮 4 此时羧甲基纤维素酶活性最大,与其他日粮有显著差异($P<0.05$)。

日粮精粗比对奶牛瘤胃纤维二糖酶活性平均值无显著影响($P>0.05$),除 11:30 外,其余时间点的纤维二糖酶活性差异也不显著($P>0.05$)。在 11:30 时,即进食后 4 h,日粮 4 的纤维二糖酶活性

与其它 3 个处理间有显著差异 ($P < 0.05$)。变化,其平均值顺序为:日粮 1 > 日粮 4 > 日粮 2 > 日粮 3。

日粮精粗比对奶牛瘤胃木聚糖酶活性无显著影响 ($P > 0.05$),各时间点酶活性也无明显的规律性

表 3 日粮精粗比对不同时间奶牛瘤胃纤维降解酶活性的影响

Table 3 Effect of different dietary forage to concentrate ratios on the activity of ruminal cellulolytic enzyme of lactating dairy cows at different times IU										
日粮 Diets	微晶纤维素酶 Cellulase					羧甲基纤维素酶 Glucanase				
	7:30	9:30	11:30	13:30	平均值 Mean	7:30	9:30	11:30	13:30	平均值 Mean
1	1.96 a	1.98 a	1.83 ab	1.63 a	1.85 a	2.80 a	2.92 a	2.54 a	2.57 a	2.71 a
2	1.69 a	1.98 a	1.66 a	2.07 a	1.85 a	2.26 a	2.92 a	2.19 a	3.09 a	2.62 a
3	2.03 a	1.77 a	1.62 a	1.93 a	1.84 a	3.00 a	2.65 a	2.32 a	2.93 a	2.72 a
4	1.75 a	1.97 a	2.39 b	1.66 a	1.94 a	2.65 a	2.66 a	3.59 b	2.67 a	2.89 a
SEM	0.10	0.11	0.13	0.11	0.06	0.14	0.15	0.21	0.16	0.08

日粮 Diets	纤维二糖酶 Cellobiase					木聚糖酶 Xylanase				
	7:30	9:30	11:30	13:30	平均值 Mean	7:30	9:30	11:30	13:30	平均值 Mean
1	2.75 a	2.68 a	2.43 a	2.21 a	2.52 a	11.01 a	10.30 a	11.37 a	9.69 a	10.74 a
2	2.34 a	2.48 a	1.88 ab	2.76 a	2.36 a	10.77 a	10.98 a	9.78 a	10.20a	10.11 a
3	2.70 a	2.01 a	2.17 a	2.63 a	2.38 a	11.16 a	9.06 a	8.74 a	11.35 a	10.04 a
4	2.84 a	1.95 a	3.15 c	3.06 a	2.75 a	10.01 a	10.09 a	10.27 a	9.98 a	10.30 a
SEM	0.27	0.17	0.22	0.22	0.11	0.47	0.36	0.52	0.32	0.21

2.3 日粮精粗比对奶牛血液指标的影响

由表 4 可知,采食不同精粗比日粮的奶牛颈静脉血中,血糖浓度平均值及各时间点值差异均不显著 ($P > 0.05$)。平均值以日粮 3 最高,日粮 4 最低,相差 0.224 mmol/L。奶牛晨饲 2 h 后颈静脉血中血糖浓度降低,不同日粮降低程度不一致,日粮 1 ~ 4 分别的下降幅度依次为 9.47 %,38.76 %,70.34 % 和 62.07 %。采食不同精粗比日粮的奶牛颈静脉血中,生长激素浓度平均值差异不显著 ($P > 0.05$),其中以日粮 1 最高,日粮 2 最低,二者相差 0.216 ng/mL。奶牛晨饲各日粮 2 h 后,颈静脉血中生长激素浓度发生变化,其中日粮 1 升高,日粮 2,3 和 4 降低,且在 9:30 日粮 1 显著高于日粮 2,3 和 4 ($P <$

0.05)。采食不同精粗比日粮的奶牛颈静脉血中,胰岛素浓度的平均值及各时间点值差异均不显著 ($P > 0.05$)。平均值以日粮 3 最高,日粮 1 最低,相差 4.229 μ IU/mL。奶牛晨饲 2 h 后颈静脉血中胰岛素浓度降低,不同日粮降低程度不一致,日粮 1 ~ 4 的下降幅度依次为 40.35 %,67.28 %,54.61 %和 37.84 %。采食不同精粗比日粮的奶牛颈静脉血中,胰高血糖素浓度平均值及各时间点值差异均不显著 ($P > 0.05$)。平均值以日粮 3 最高,日粮 4 最低,相差 46.578 pg/mL。奶牛晨饲各日粮 2 h 后,颈静脉血中胰高血糖素浓度发生变化,其中日粮 1 和 3 升高,日粮 2 和 4 降低。

表 4 日粮精粗比对不同时刻奶牛血液指标的影响

Table 4 Effect of different dietary forage to concentrate ratios on blood parameters of dairy cows at different times												
日粮 Diets	血浆葡萄糖/(mmol · L ⁻¹) Plasma glucose			血清生长激素/(ng · mL ⁻¹) Serum growth hormone			血清胰岛素/(μIU · mL ⁻¹) Serum insulin			血清胰高血糖素/(pg · mL ⁻¹) Serum glucagon		
	7:30	9:30	平均值 Mean	7:30	9:30	平均值 Mean	7:30	9:30	平均值 Mean	7:30	9:30	平均值 Mean
1	0.528 a	0.478 a	0.503 a	0.203 a	0.661 a	0.432 a	5.403 a	3.223 a	4.313 a	296.603 a	364.449 a	330.526 a
2	0.743 a	0.455 a	0.599 a	0.237 a	0.194 b	0.216 a	10.697 a	3.500 a	7.099 a	314.717 a	303.750 a	309.234 a
3	1.025 a	0.304 a	0.664 a	0.438 a	0.195 b	0.316 a	11.751 a	5.334 a	8.542 a	339.582 a	366.456 a	353.019 a
4	0.638 a	0.242 a	0.440 a	0.404 a	0.133 b	0.269 a	8.032 a	4.993 a	6.512 a	323.217 a	289.666 a	306.441 a
SEM	0.191	0.089	0.109	0.055	0.077	0.047	1.579	0.737	0.956	21.415	21.545	14.984

3 讨 论

3.1 日粮精粗比对奶牛瘤胃 pH 值及纤维降解酶活性的影响

瘤胃 pH 值系评价瘤胃发酵状况的基本指标,

主要受到唾液、日粮及其降解物的碱化和缓冲的影响,决定着瘤胃微生物对底物的发酵利用效率。NRC^[7]指出,瘤胃 pH < 6.2 时微生物蛋白质合成效率下降;Van Houtert^[10]认为,瘤胃微生物达到最大生长速度的适宜 pH 值在 5.7 以上。本试验中瘤胃

pH 值维持在 6.26 ~ 6.56,各日粮处理的 pH 值均在正常变动范围内。随着日粮纤维水平的提高,瘤胃 pH 值逐渐升高。日粮 4 的瘤胃平均 pH 值显著低于其他日粮,这与其精料含量高有关;但各时间点 pH 值均在 6.0 以上,表明质量分数 65 % 的精料水平对瘤胃内环境并无不良影响。精粗比相同的日粮 1 和日粮 2,其瘤胃 pH 值差异不显著,表明青贮玉米的大量使用对瘤胃内环境的影响较小。各组日粮在晨饲 2 ~ 6 h 后瘤胃 pH 值降到最低,接着因富含碳酸氢盐和磷酸氢盐的唾液缓冲液对发酵酸的中和,瘤胃 pH 值逐渐回升,以维持较佳的瘤胃发酵环境。Kononoff 等^[11]给奶牛先后饲喂精粗比为 75/25 和 50/50 的日粮,其瘤胃 pH 值从 5.7 提高到 6.8,与本试验中采食高精料日粮的奶牛瘤胃 pH 值显著低于其他日粮的结果一致。Yang 等^[12]认为,精粗比和粗料颗粒大小对瘤胃 pH 值没有影响,且瘤胃 pH 值与日粮有效 NDF 不相关,而与淀粉在瘤胃中的消化率相关。Murphy 等^[13]发现,给泌乳中期奶牛饲喂精料质量分数为 70 % 和 50 % 的日粮对瘤胃 pH 没有显著影响 ($P > 0.05$)。本试验中,采食精粗比为 30/70 和 50/50 日粮的奶牛瘤胃 pH 值差异不显著,与上述结果吻合。Calberry 等^[14]、Onetti 等^[15]认为,当日粮 NDF 满足推荐水平时,粗料颗粒大小对瘤胃 pH 值的影响甚微;Beauchemin^[16]发现,日粮 peNDF 与瘤胃平均 pH 值不相关。Mertens^[8]认为,奶牛日粮中至少含有 25 % (干物质基础) 的 NDF 或 22 % (干物质基础) 的 peNDF,才足以维持 6.0 的瘤胃平均 pH 值。本试验中,精粗比最高的日粮 4 干物质中 NDF 含量为 28.63 %, peNDF 含量为 21.01 %,纤维化学含量和物理特性基本达到要求。本试验中瘤胃 pH 值与日粮 NDF 或 peNDF 含量不相关,表明纤维以外的因素(如日粮淀粉含量和瘤胃发酵酸产量等)对 pH 值起关键的调节作用。

纤维的瘤胃降解是一个复杂的微生物发酵过程,涉及微生物对纤维的粘附、纤维的水解及最终纤维糊精发酵成 VFA、CH₄ 和 CO₂^[17]。影响瘤胃纤维降解的因素很多,其中最主要的是瘤胃 pH 值,而瘤胃 pH 值是瘤胃发酵及其酸产量、唾液缓冲液分泌、日粮结构类型及特征、奶牛饲喂频率及饮水状况的综合作用体现。较低的瘤胃 pH 值限制了纤维在体外^[19]和体内的降解程度^[18-21]。Russell 等^[22]认为,瘤胃中主要的纤维分解菌在 pH 值低于 6.0 时不能生长,但纤维降解酶在较低的 pH 值下仍能保持活

性。在康奈尔净碳水化合物和净蛋白质体系中,预测瘤胃中结构性碳水化合物 (structural carbohydrate, SC) 的发酵速度和纤维分解菌的生长速度,是以日粮中 NDF 含量为基础的,即间接地取决于瘤胃 pH 值的高低^[23-24]。Pitt 等^[25]认为,瘤胃 pH 值小于 5.8 时,SC 基本不降解,而瘤胃微生物停止生长。高民等^[26]和 Teeri^[27]认为,纤维分解菌在分解细胞壁物质前,首先要求纤维物质发生氧化以及物理、化学结构的变化,且某些抑制性物质应被排除掉;在酶正式进入前,纤维物质应膨胀,同时只有当纤维分解菌对纤维粘附能力达到足够大并伴随足量的酶产生时,才发生真正的纤维分解作用。

本试验中瘤胃 pH 值的变化为 6.26 ~ 6.56,各时间点中最低 pH 值是 6.03,满足纤维降解及纤维分解菌生长所要求的 pH 值,表明高粗料中的纤维及高精料中的淀粉并未影响纤维分解菌的生长,使其能分泌足量酶进行纤维的酶解作用。本试验中,各日粮纤维素酶、木聚糖酶、内切葡聚糖酶及纤维二糖苷酶等纤维降解酶活性差异不显著 ($P > 0.05$),表明在适宜的瘤胃 pH 值下,日粮精粗比对纤维分解菌生长的影响较小。

3.2 日粮精粗比对奶牛血液指标的影响

反刍动物具有很强的调节血液葡萄糖浓度的能力,能维持血液葡萄糖的相对稳定。李福昌^[28]、李胜利^[29]和李建国^[30]等报道,随着过瘤胃淀粉的增加,肉牛血糖浓度提高,但差异不显著。孙海洲等^[31]报道,随着进入十二指肠淀粉量的增加,绵羊门静脉、颈动脉和肝静脉血糖浓度不断上升,但差异也不显著。本试验中饲喂 4 种不同精粗比日粮的奶牛,颈静脉血中血清血糖浓度为 0.440 ~ 0.664 mmol/L,不同日粮间无显著性差异,与上述研究结果相符。另外,奶牛晨饲 2 h 后,颈静脉血中血清血糖浓度较晨饲前即挤奶后 0.5 h 要低。

胰岛素和胰高血糖素是调节血糖浓度的两种主要激素。血糖浓度升高直接刺激胰岛 B 细胞,增加胰岛素分泌,同时抑制 A 细胞使胰高血糖素分泌减少,体内糖元合成增强;血糖浓度降低时作用相反,直接促进胰高血糖素分泌,同时抑制胰岛素分泌,使糖元分解增强。并且,胰岛素可抑制胰高血糖素的分泌,胰高血糖素可刺激胰岛素分泌。李胜利^[29]、李建国^[30]研究发现,随着过瘤胃淀粉量的增加,肉牛血液中胰岛素和胰高血糖素的浓度均相应提高。Mackle 等^[32]报道,注射葡萄糖可使血液胰岛素浓度上升 5 倍。李福昌^[28]报道,通过真胃灌注淀粉增

加肉牛过瘤胃淀粉量,可使血液中胰岛素浓度下降,生长激素浓度升高。本试验中,奶牛颈静脉血中血清胰岛素浓度为 $4.313 \sim 8.542 \mu\text{IU}/\text{mL}$,血浆胰高血糖素浓度为 $306.441 \sim 353.019 \text{ pg}/\text{mL}$,不同日粮处理间均没有显著差异,且无明显规律。另外,奶牛晨饲 2 h 后,颈静脉血中血清胰岛素浓度降低,而血浆胰高血糖素浓度变化不一致。

生长激素是与蛋白质代谢密切相关的一种激素。当生长激素分泌增加时,表明体蛋白质沉积增加,即氮沉积增加。反刍动物葡萄糖与蛋白质代谢密切相关。氮沉积增加表明蛋白质用于分解供能减少,而葡萄糖用于分解供能增多。生长激素还抑制糖的分解利用,使进入细胞的葡萄糖减少,因而使血糖升高。本试验中,奶牛颈静脉血中血清生长激素浓度为 $0.216 \sim 0.432 \text{ ng}/\text{mL}$,不同日粮处理间浓度平均值没有显著差异。另外,奶牛晨饲 2 h 后,颈静脉血中血清生长激素浓度变化规律不一致,其中日粮 1 升高,其他日粮降低,且日粮 1 显著高于其他日粮处理。

4 小 结

1) 奶牛采食不同精粗比日粮,在瘤胃 pH 值满足纤维降解及纤维分解菌生长要求的情况下,对微晶纤维素、羧甲基纤维素酶、纤维二糖酶、木聚糖酶等瘤胃纤维降解酶活性无显著影响。

2) 奶牛采食不同精粗比日粮,对颈静脉血中血浆葡萄糖、血清生长激素、胰岛素和胰高血糖素浓度亦无显著性影响。

[参考文献]

- [1] 谭支良,卢德勋,胡明,等.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量和消化率的影响[J].动物营养学报,1999,11(4):29-38.
- [2] 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其组合效应评估模型[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,1998.
- [3] Murphy M, Akerlind M, Holtenius K. Rumen fermentation in lactating cows selected for milk fat content fed two forage to concentrate ratios with hay or silage [J]. J Dairy Sci, 2000, 83: 756-764.
- [4] Kucuk O, Hess B W, Ludden P A, et al. Effect of forage:concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes [J]. J Anim Sci, 2001, 79: 2233-2240.
- [5] 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料养分的消化代谢效果[J].中国草食动物,2002,22(4):6-9.
- [6] 王照华,侯先志.持续瘤胃模拟法研究不同日粮精粗比对瘤胃真菌生长和发酵参数的影响[J].中国饲料,2005(9):17-19.
- [7] NRC. Nutrient requirements of dairy cattle (7th) [M]. Washington D C: National Academy Press, 2001.
- [8] Mertens D R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows [J]. J Dairy Sci, 1997, 80: 1463-1481.
- [9] 汪水平,王文娟.瘤胃纤维降解相关酶活性的测定[J].中国饲料,2006(11):31-32.
- [10] Van Houtert M F J. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review [J]. Anim Feed Sci Technol, 1993, 43: 189-225.
- [11] Kononoff P J, Heinrichs A J. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation [J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 2438-2451.
- [12] Yang W Z, Beauchemin K A, Rode L M. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows [J]. J Dairy Sci, 2001, 84: 2203-2216.
- [13] Murphy M, Akerlind M, Holtenius K. Rumen fermentation in lactating cows. Selected for fat content fed two forage to concentrate ratio with or silage [J]. J Dairy Sci, 2000, 83: 756-764.
- [14] Calberry J M, Plaizier J C, Einarson M S, et al. Effects of replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in a total mixed ration on production and rumen conditions of lactating dairy cows [J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 2420-2428.
- [15] Onetti S G, Shaver R D. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation [J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 2949-2957.
- [16] Beauchemin K A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows [J]. J Dairy Sci, 1991, 74: 3140-3151.
- [17] Weimer P J. Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster? [J]. J Dairy Sci, 1996, 79: 1496-1502.
- [18] Grant R J. Influence of corn and sorghum starch on the *in vitro* kinetics of forage fiber digestion [J]. J Dairy Sci, 1994, 77: 1563-1569.
- [19] Hoover W H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion [J]. J Dairy Sci, 1986, 69: 2755-2766.
- [20] Mould F L, Ørskov E R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate [J]. Anim Feed Sci Technol, 1983/1984, 10: 1-14.
- [21] Mould F L, Ørskov E R. Associative effects of mixed feeds: Manipulation of type and level of supplementation and the influence of rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages [J]. Anim Feed Sci Technol, 1983/1984, 10: 15-30.
- [22] Russell J B, Wilson D B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? [J]. J Dairy Sci, 1996, 79: 1503-1509.

(下转第 68 页)

[参考文献]

[2] 陈 宏,雷初朝.分子遗传学实验指导[J].陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2005.

[2] Van Der Beek S. The use of genetic markers in poultry breeding[D]. The Netherlands: Wageningen University, 1999.

[3] Crooijmans R P M A, Preter A M. Preliminary linkage map of the chicken genome based on microsatellite markers: 77 new markers mapped [J]. Poul Sw, 1996, 75: 746-754.

[4] Cheng H H, Crittenden L B. Microsatellite markers for genetic mapping in the chicken[J]. Poul Sci, 1994, 73: 539-546.

[5] 程光潮,黄凡美,周勤宣.中国地方鸡种种质特性[M].上海:上海科技出版社,2000.

[6] 张细权,吕雪梅,杨玉华,等.用微卫星多态性和 RAPD 分析广东地方鸡种的群体遗传变异[J].遗传学报,1998,25(2):112-119.

[7] 张细权,吕雪梅.用微卫星和 RAPD 分析珍稀家鸡品种的遗传变异[C].第九次全国动物遗传育种学术讨论会论文集.北京:[s. n.],1997:61-65.

[8] 张细权.优质鸡遗传多样性的研究[D].北京:中国农业大学,1999.

[9] 杨 勇,朱 庆.利用微卫星标记分析家鸡的群体遗传变异[J].四川大学学报:自然科学版,2000,32(增刊),148-152.

[10] 吴 萍.应用微卫星标记分析中国地方鸡品种的遗传变异[J].生物多样性,2003,11(6) 461-466.

[11] 刘 莉,陈国宏.微卫星 DNA 及其在家禽遗传育种中的应用[J].中国农业科学,2000,17(6):21-25.

[12] 朱 庆,李 亮.四川地方乌骨鸡种群遗传变异的微卫星 DNA 分析[J].四川畜牧兽医,2002,29(8):26-29

[13] 朱 庆,李 亮.不同地方乌骨鸡种群遗传多样性的微卫星 DNA 分析[J].畜牧兽医学报,2003,34(3):213-216.

(上接第 62 页)

[23] Russell J B, O Connor J D, Fox D G, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: . Ruminal fermentation [J]. J Anim Sci, 1992, 79: 1503-1509.

[24] Sniffen C J, O Connor J D, Van Soest P J, et al. A net carbohydrate and protein system evaluating cattle diets: . Carbohydrate and protein availability [J]. J Anim Sci, 1992, 70: 3562-3577.

[25] Pitt R E, Van Kessel J S, Fox D G, et al. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the Net Carbohydrate and Protein System [J]. J Anim Sci, 1996, 74: 226-244.

[26] 高 民,卢德勋.可发酵碳水化合物对纤维物质降解动力学影响的研究[J].内蒙古畜牧科学,1997(1):5-8;22.

[27] Teeri T T. Crystalline cellulose degradation: new insight into the function of cellobiohydrolases [J]. Trends Biotechnol, 1997, 15: 160-167.

[28] 李福昌.肉牛小肠玉米淀粉的消化率及其对能量转化的调控[D].北京:中国农业大学,1998.

[29] 李胜利.肉牛 VFA 能量转化效率及营养调控的研究[D].北京:中国农业大学,1996.

[30] 李建国.肉牛小肠蛋白质、淀粉和脂肪对能量转化的调控研究[D].北京:中国农业大学,1999.

[31] 孙海洲,卢德勋,斯 琴.生长肥育羊葡萄糖营养整体优化规律的研究[J].内蒙古畜牧科学,1999(1):25-29.

[32] Mackle T R, Dwyer D A, Ingvarstsen K L, et al. Effects of insulin and amino acids on milk protein concentration and yield from dairy cows [J]. J Dairy Sci, 1999, 82: 1512-1524.