

日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵及泌乳性能的影响

汪水平^{1,2,5}, 王文娟^{1,5}, 王加启³, 谭支良¹, 龚月生⁴

(1 中国科学院 亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125; 2 西南大学 荣昌校区动物科学系, 重庆 402460; 3 中国农业科学院 畜牧研究所, 北京 100094; 4 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 5 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

[摘要] 选择4头安装有永久性瘤胃瘘管的泌乳奶牛,按4×4拉丁方设计,分别饲喂精粗比约为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,研究日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵及泌乳性能的影响。结果显示,日粮精粗比对奶牛瘤胃pH值、氨氮质量浓度、总挥发性脂肪酸、丙酸、丁酸的浓度和乙酸/丙酸、(乙酸+丁酸)/丙酸有显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)影响,而对瘤胃乙酸浓度影响不显著($P > 0.05$);饲喂不同精粗比日粮,奶牛乳产量、4%标准乳产量均有显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)差异,而乳脂、乳蛋白、乳糖、非脂固形物及总固形物的含量差异均不显著($P > 0.05$),但其产量随乳产量的增加而增加,存在显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)差异。结果表明,4种精粗比日粮能使瘤胃发酵和乳成分含量保持稳定,但影响瘤胃挥发性脂肪酸浓度和乳产量;低质和优质粗料的合理搭配有利于稳定瘤胃内环境和乳脂含量,且能改善泌乳性能。

[关键词] 日粮精粗比;瘤胃发酵;泌乳性能;奶牛

[中图分类号] S823.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)06-0044-07

Effects of dietary concentrate-to-forage ratio on rumen fermentation and performance of dairy cows

WANG Shui-ping^{1,2,5}, WANG Wen-juan^{1,5}, WANG Jia-qi³,
TAN Zhi-liang¹, GONG Yue-sheng⁴,

(1 Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Science, Changsha, Hunan 410125, China; 2 Department of Animal Science, Rongchang Campus of Southwest University, Chongqing 402460, China; 3 Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100094, China; 4 College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 5 Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

Abstract: Effects of dietary concentrate-to-forage ratio on rumen fermentation and performance were evaluated by using four primiparous Holstein cows with permanently ruminal cannula in a 4×4 Latin square design with four 20-d periods. Dietary concentrate-to-forage ratios were 30:70, 30:70, 50:50, and 65:35, respectively. The forage of the ration 1 was only Chinese wildryegrass hay. The forage of the ration 2, 3, and 4 is comprised of Chinese wildryegrass hay, alfalfa hay, and corn silage. The results showed that: significant ($P < 0.05$) differences existed among four diets for rumen pH, the concentrations of ammonia N, total volatile fatty acids, propionate, and butyrate, and the ratios of acetate to propionate and acetate plus butyrate to propionate, but differences among them were not significant ($P > 0.05$) for acetate concentration; there were significantly difference ($P < 0.05$) for the yields of milk and 4% of fat corrected

†收稿日期: 2006-12-06

†基金项目: 国家“十五”重大科技专项(2002BA518A02); 科技部科技支持计划项目(2006BAD04A15); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-N-49); 西南大学荣昌校区科研项目

†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: 龚月生(1960-),男,湖北武穴人,教授,博士,博士生导师,主要从事饲料资源的开发与利用研究。

milk among four diets ,showed no significant differences ($P > 0.05$) among them for milk contents of fat , protein ,lactose ,no fat solid and total solid. In addition ,the yields of every composition increased with increasing of milk yield and significant ($P < 0.05$) differences existed among four diets. The results indicated that four diets with different concentrate-to-forage ratios could make rumen fermentation and milk compositions content stable though the concentrations of volatile fatty acids and milk yield were influenced and the appropriate association of forage with high and low quality could make rumen environment and milk fat content stable and improve performance.

Key words : dietary concentrate-to-forage ratio ;rumen fermentation ;performance ;dairy cows

目前,我国奶牛饲养模式大致分为 3 种类型:一是农牧场集约化养殖(约占 60 %),二是农村散户养殖(约占 30 %),三是以农户为主体的规模小区养殖(约占 10 %)^[1]。相应地也存在着高粗料比例、精粗料比例适中及高精料比例等典型日粮结构类型。若饲养水平较低,奶牛生产潜力不能充分发挥,影响养殖效益。而增加日粮精料水平,固然可提高奶牛产奶量,但过量易导致营养代谢病的发生^[2-4]。因此,根据不同饲养模式及奶牛生理阶段和特性对典型日粮进行合理调整,对奶牛不同水平的科学饲养非常关键。在国外,有关日粮精粗比对奶牛消化代谢及泌乳性能的影响,已做了大量研究^[4-8],而国内研究较少。本试验根据实践调查,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,研究日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵及泌乳性能的影响,以期为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,手术安装永久性瘤胃瘘管。试验牛干物质(Dry matter , DM)采食量设计为 18.0 kg/d。预饲期调节精粗料采食量,确保采食完全。精粗料分槽饲喂,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

以玉米、豆粕、小麦麸、苜蓿干草、羊草干草和青贮玉米为主要原料配制 4 种日粮,其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									
日粮成分/(g · kg ⁻¹) Ingredients	日粮 Diets				营养成分 Chemical compositions	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	55.9	58.4	67.2	71.4
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	酸性洗涤纤维/ (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 kg 预混料中含脲酶抑制剂 2 500 mg, V_A 700 000 IU, V_{D₃} 120 000 IU, V_E 2 100 mg, 铁 1 750 mg, 铜 1 600 mg, 锌 10 000 mg, 锰 3 500 mg, 硒 42 mg, 碘 84 mg。泌乳净能根据 NRC^[9]估算而来,其余都为实测值。根据 Mertens^[3]推荐的物理有效因子和方法计算。
Note: Urease inhibitor 2 500 mg, V_A 700 000 IU, V_{D₃} 120 000 IU, V_E 2 100 mg, Fe 1 750 mg, Cu 1 600 mg, Zn 10 000 mg, Mn 3 500 mg, Se 42 mg, I 84 mg per kg. 2 NE_L estimated by NRC^[9], others were analyzed. Estimated by calculational method and physical effectiveness factor (pef) that Mertens^[3] commended.

日粮 1 的粗料仅为羊草干草,精粗料质量比约为 30 70;日粮 2 系混合粗料,但青贮玉米比例高,精粗料质量比约为 30 70;日粮 3 的精粗料质量比约为 50 50;日粮 4 的精粗料质量比约为 65 35。

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,其中预饲期 11 d,正试期 9 d。

1.4 样品采集与分析

正试期第 8 天分别于 7:30,9:30,11:30,13:30,15:30,17:30 和 19:30 采集瘤胃液 50 mL,用 pH 计测定 pH 值后,4 层纱布过滤。取滤液 10 mL,采用比色法^[10]测定氨态氮(Ammonia N,NH₃-N)质量浓度。另取滤液 10 mL,采用气相色谱法^[11]测定乙酸、丙酸、丁酸等挥发性脂肪酸(Volatile fatty acids,VFA)浓度。

记录正试期第 1~8 天的乳产量,根据邱怀^[12]建议的方法,换算成 4 %标准乳(Fat corrected milk,FCM)产量,并采集乳样 100 mL,立即用 Foss-Milkoscan™ Minor 乳成分分析仪测定乳脂、乳蛋白、乳糖、非脂固形物和总固形物等乳成分含量。

1.5 统计分析

试验数据基本处理用 Excell 软件进行,结果用 SPSS11.5 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。

2 结果与分析

2.1 日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵的影响

表 2 列出了 12 h 饲喂间隔内奶牛瘤胃 pH 值,NH₃-N 质量浓度,总 VFA、乙酸、丙酸、丁酸的浓度及乙酸/丙酸、(乙酸+丁酸)/丙酸的各时间点平均值。由表 2 可知,随日粮精粗比提高,奶牛瘤胃 pH

值、乙酸浓度、乙酸/丙酸及(乙酸+丁酸)/丙酸降低,而 NH₃-N 质量浓度、总 VFA、丙酸和丁酸浓度升高。日粮 4 瘤胃 pH 值显著($P<0.05$)低于其他日粮。日粮 3 和 4 瘤胃 NH₃-N 质量浓度及丁酸浓度极显著($P<0.01$)高于日粮 1 和 2。日粮 4 瘤胃总 VFA 浓度显著($P<0.05$)高于日粮 1 和 2。对于瘤胃丙酸浓度、乙酸/丙酸及(乙酸+丁酸)/丙酸,日粮 1、日粮 2 与日粮 3 或日粮 4 三者间差异极显著($P<0.01$)。各日粮间瘤胃乙酸浓度差异不显著($P>0.05$)。图 1 结果表明,奶牛晨饲后 2~6 h,瘤胃 pH 值达到最低水平,4 种日粮在各时间点的 pH 值无显著($P>0.05$)差异。图 2 结果表明,奶牛晨饲后 2 h,瘤胃 NH₃-N 质量浓度达到最高,8 h 后降到最低水平,4 种日粮在各时间点的 NH₃-N 质量浓度存在显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)差异。图 3 结果表明,奶牛晨饲后 4~8 h,瘤胃总 VFA 浓度达到最高水平,且在 17:30 时日粮 4 总 VFA 浓度极显著($P<0.01$)高于其他日粮,而其余时间点各日粮间总 VFA 浓度无显著($P>0.05$)差异。图 4 结果表明,在 12 h 饲喂间隔内,奶牛瘤胃乙酸浓度变化不具规律性,且各日粮间在各时间点的乙酸浓度差异不显著($P>0.05$)。图 5 结果表明,奶牛晨饲后,各日粮间瘤胃丙酸浓度达到最高水平的时间不一致,而各时间点丙酸浓度都在晨饲 2 h 后出现显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)差异。图 6 结果表明,奶牛晨饲后 6 h,各日粮间瘤胃丁酸浓度在各时间点出现显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)差异。图 7 和图 8 结果表明,4 种日粮间乙酸/丙酸和(乙酸+丁酸)/丙酸在各时间点存在显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)差异。

表 2 日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵的影响

项目 Item	日粮 Diets				SEM
	1	2	3	4	
pH	6.56 ±0.28 aA	6.55 ±0.37 aA	6.46 ±0.37 a	6.26 ±0.44 bB	0.04
NH ₃ -N/(mg ·dL ⁻¹)	8.58 ±4.06 aA	11.81 ±5.12 aA	18.31 ±7.63 bB	18.57 ±7.94 bB	0.72
总挥发性脂肪酸/(mmol ·L ⁻¹) Total VFA	103.94 ±10.10 a	104.14 ±11.95 a	108.59 ±13.20 ab	110.59 ±11.39 b	1.13
乙酸/(mmol ·L ⁻¹) Acetate	71.73 ±6.29 a	69.53 ±6.97 a	68.66 ±7.41 a	68.88 ±7.24 a	0.66
丙酸/(mmol ·L ⁻¹) Propionate	21.22 ±2.96 aA	23.76 ±3.68 bB	26.36 ±4.01 cC	27.34 ±3.26 cC	0.40
丁酸/(mmol ·L ⁻¹) Butyrate	10.99 ±1.99 aA	10.86 ±2.14 aA	13.58 ±2.44 bB	14.37 ±2.43 bB	0.26
乙酸/丙酸 Acetate to propionate ratio	3.42 ±0.35 aA	2.97 ±0.34 bB	2.63 ±0.20 cC	2.53 ±0.16 cC	0.04
(乙酸+丁酸)/丙酸 Acetate plus butyrate to propionate ratio	3.94 ±0.37 aA	3.42 ±0.34 bB	3.14 ±0.23 cC	3.05 ±0.16 cC	0.04

注:同行数据后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($P<0.01$)。SEM 为平均数的标准误。下表同。

Note: Different small letters in the same row indicate significant difference ($P<0.05$); different capital letters indicate very significant difference ($P<0.01$). SEM indicates error of mean. The same as below.

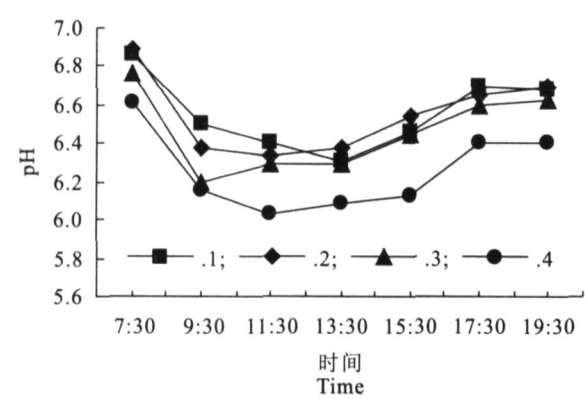


图 1 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃 pH 值的变化

Fig.1 Diurnal patterns of rumen pH during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

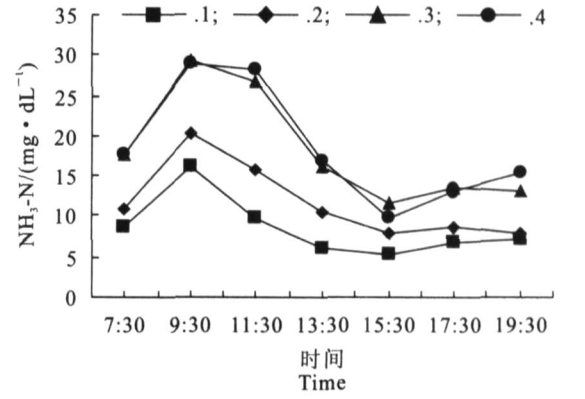


图 2 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃 NH₃-N 质量浓度的变化

Fig.2 Diurnal patterns of rumen NH₃-N mass concentration during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

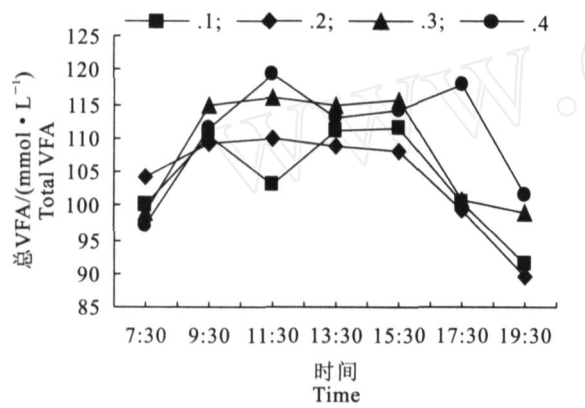


图 3 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃总 VFA 浓度的变化

Fig.3 Diurnal patterns of rumen total VFA concentration during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

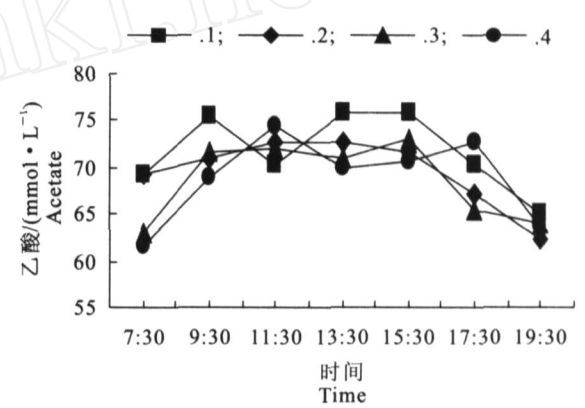


图 4 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃乙酸浓度的变化

Fig.4 Diurnal patterns of rumen acetate concentration during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

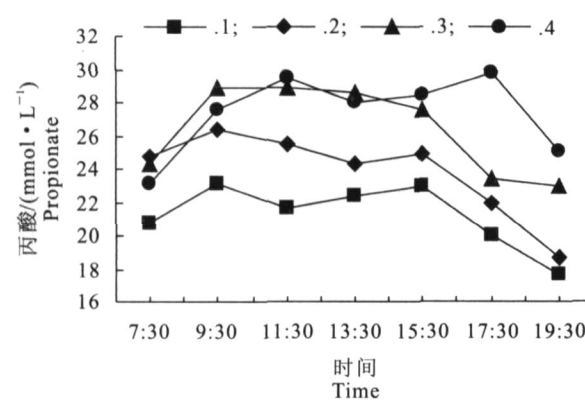


图 5 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃丙酸浓度的变化

Fig.5 Diurnal patterns of rumen propionate concentration during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

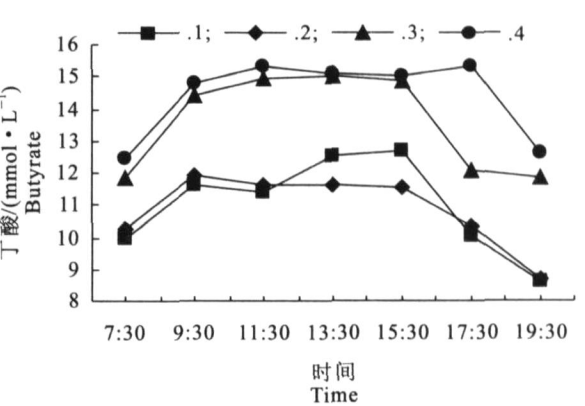


图 6 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃丁酸浓度的变化

Fig.6 Diurnal patterns of rumen butyrate concentration during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

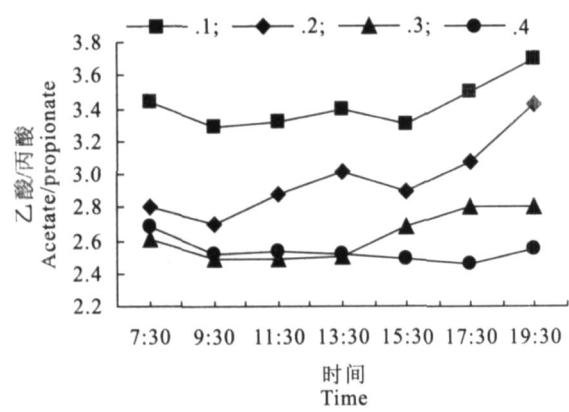


图 7 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃乙酸/丙酸的变化

Fig. 7 Diurnal patterns of ratio of rumen acetate to propionate during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

2.2 日粮精粗比对奶牛泌乳性能的影响

日粮精粗比对奶牛乳产量、FCM 产量、乳成分含量及其产量的影响见表 3。由表 3 可知,随日粮精粗比提高,奶牛乳产量增多,日粮 4 的乳产量极显著 ($P < 0.01$) 高于日粮 1 和 2,日粮 3 显著 ($P < 0.05$) 高于日粮 1。奶牛 FCM 产量的变化规律与乳产量相似。奶牛采食不同日粮时,牛乳中乳脂、乳蛋白、乳糖、非脂固形物及总固形物含量差异均不显著 ($P > 0.05$),但其产量随乳产量的增加而增大,并出

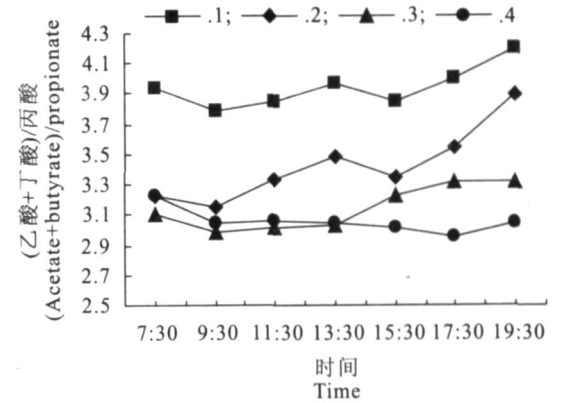


图 8 在 12 h 饲喂间隔期饲喂 4 种日粮奶牛瘤胃(乙酸+丁酸)/丙酸的变化

Fig. 8 Diurnal patterns of ratio of rumen acetate plus butyrate to propionate during 12 h feeding interval for dairy cows fed four diets

现显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 差异。而且,牛乳中乳脂含量以中性洗涤纤维 (Neutral detergent fiber, NDF) 含量较高,且营养水平适中的日粮 2 和 3 最高,乳蛋白、非脂固形物及总固形物含量随日粮精粗比的提高而增加。另外,奶牛乳产量 ($R = -0.80, P = 0.00$) 及 FCM 产量 ($R = -0.76, P = 0.00$) 均与日粮 NDF 含量呈中强负相关,而与乳糖产量呈强正相关 ($R = 0.99, P = 0.00$)。

表 3 日粮精粗比对奶牛泌乳性能的影响

Table 3 Effect of dietary forage to concentrate ratios on performance of dairy cows

项目 Item	日粮 Diets				SEM
	1	2	3	4	
乳产量/(kg·d ⁻¹) Milk yield	14.70 ±1.84 aA	15.17 ±1.25 abA	17.06 ±0.57 bc	18.53 ±1.25 cB	0.49
4 %标准乳产量/(kg·d ⁻¹) FCM yield	15.19 ±2.43 aA	16.14 ±1.53 ab	18.16 ±1.27 bc	19.46 ±1.11 cB	0.57
乳脂含量/(g·kg ⁻¹) Milk fat content	42.1 ±5.3 a	44.3 ±4.7 a	44.3 ±3.8 a	43.6 ±5.2 a	1.1
乳脂产量/(kg·d ⁻¹) Milk fat yield	0.62 ±0.12 a	0.67 ±0.08 ab	0.76 ±0.08 ab	0.80 ±0.07 b	0.03
乳蛋白含量/(g·kg ⁻¹) Milk protein content	33.4 ±3.7 a	33.4 ±4.3 a	35.5 ±0.8 a	36.8 ±4.3 a	0.9
乳蛋白产量/(kg·d ⁻¹) Milk protein yield	0.49 ±0.07 aA	0.50 ±0.04 aAB	0.61 ±0.02 bBC	0.68 ±0.06 bC	0.02
乳糖含量/(g·kg ⁻¹) Lactose content	44.2 ±1.0 a	45.1 ±1.1 a	44.2 ±0.8 a	44.7 ±0.8 a	2.3
乳糖产量/(kg·d ⁻¹) Lactose yield	0.65 ±0.09 aA	0.68 ±0.06 abA	0.75 ±0.02 b	0.83 ±0.07 cC	0.02
非脂固形物含量/(g·kg ⁻¹) Solid non-fat content	88.8 ±2.9 a	89.7 ±3.6 a	90.9 ±0.9 a	92.6 ±3.8 a	0.8
非脂固形物产量/(kg·d ⁻¹) Solid non-fat yield	1.30 ±0.16 aA	1.36 ±0.08 aAB	1.55 ±0.04 bBC	1.71 ±0.08 cC	0.05
总固形物含量/(g·kg ⁻¹) Total solid content	129.5 ±8.5 a	132.2 ±8.4 a	133.9 ±4.1 a	135.4 ±9.7 a	1.9
总固形物产量/(kg·d ⁻¹) Total solid yield	1.90 ±0.27 aA	2.00 ±0.14 aAB	2.28 ±0.11 bBC	2.50 ±0.14 bC	0.07

3 讨 论

3.1 日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵的影响

瘤胃 pH 值是评价瘤胃发酵状况的基本指标,

其主要受唾液、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^[9]指出,瘤胃 pH < 6.2 时微生物蛋白质合成效率下降;Van Houtert^[6]认为,瘤胃微生物最大生长速度的适宜 pH 值在 5.7 以上。本试验奶牛瘤胃

pH 值维持在 6.26 ~ 6.56, 各日粮水平下瘤胃 pH 值在正常变动范围内。饲喂日粮 4 的奶牛在各时间点瘤胃 pH 值都在 6.0 以上, 表明 65 % 的精料水平对奶牛瘤胃内环境并无不良影响。饲喂日粮 1 和 2 的奶牛瘤胃 pH 值差异不显著 ($P > 0.05$), 表明青贮玉米的大量使用对瘤胃发酵的影响甚微。各日粮在奶牛晨饲后 2 ~ 6 h 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 值回升, 以维持较佳的瘤胃发酵环境。Kononoff 等^[8]给奶牛先后饲喂精粗比为 75 : 25 和 50 : 50 的日粮, 瘤胃 pH 值从 5.7 提高到 6.8。Yang 等^[13]研究认为, 精粗比和粗料颗粒大小对奶牛瘤胃 pH 值没有影响, 且瘤胃 pH 值与日粮有效 NDF 不相关, 而与淀粉的瘤胃消化率相关。Murphy 等^[14]研究发现, 给泌乳中期奶牛饲喂精料含量为 70 % 和 50 % 的日粮, 对瘤胃 pH 值没有显著 ($P > 0.05$) 影响。这些都与本试验结果一致。Calberry 等^[7]和 Onetti 等^[15]研究认为, 当日粮 NDF 达到要求时, 粗料颗粒大小及奶牛咀嚼时间对瘤胃 pH 值的影响甚微; Beauchemin^[2]发现, 日粮物理有效 NDF (Physical effective NDF, peNDF) 与瘤胃 pH 值不相关。Mertens^[3]研究认为, 奶牛日粮 DM 中至少含有 25 % 的 NDF 或 22 % 的 peNDF 才能维持 6.0 的瘤胃 pH 值。本试验中, 日粮 4 DM 中 NDF 含量为 286.3 g/kg, peNDF 含量为 210.1 g/kg, 纤维化学含量和物理特性基本达到要求; 并且, 奶牛瘤胃 pH 值与日粮 NDF 或 peNDF 含量均不相关, 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起着调节作用。

瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 是饲料中的蛋白质及非蛋白氮在瘤胃中的降解产物, 是微生物合成菌体蛋白的原料, 其在瘤胃中的质量浓度受饲料蛋白的溶解度、瘤胃壁吸收和食糜排空速度的影响。本试验饲喂各日粮的奶牛瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度变化趋势相似, 这与日粮中主要蛋白来源——豆粕的可溶性蛋白含量高且在瘤胃中降解速度快有关。本试验瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度与日粮粗蛋白含量有关, 这与 Kononoff 等^[8]的试验结果一致。Yang 等^[13]报道, 瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度应高于 5 mg/dL, 否则发酵的“解偶联”会使微生物蛋白合成效率下降, 而本试验瘤胃 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度都高于此值。

瘤胃发酵类型及 VFA 产量与日粮精粗比和组成有关。高精料日粮中淀粉含量高, 瘤胃淀粉分解菌占优势, 丙酸和乳酸产量提高, 形成丙酸发酵, 表

现为乙酸/丙酸及(乙酸+丁酸)/丙酸变小^[5]; 并且, 高淀粉日粮使瘤胃原虫活性增强、数目增多, 造成瘤胃丁酸浓度及血浆中 β -羟丁酸浓度增加^[5]。高粗料日粮中纤维含量高, 瘤胃纤维分解菌占优势, 乙酸和甲烷产量提高, 形成乙酸发酵^[16]。Murphy 等^[14]研究发现, 给泌乳中期奶牛饲喂精料质量分数为 70 % 和 50 % 的日粮, 对瘤胃总 VFA 浓度没有显著 ($P > 0.05$) 影响, 但高精料日粮的乙酸/丙酸较小。Drackey 等^[17]研究认为, 奶牛采食非结构性碳水化合物含量低的日粮时, 瘤胃总 VFA 浓度提高, 乙酸/丙酸减小, 但丙酸和丁酸浓度降低。Kononoff 等^[8]给奶牛先后饲喂精粗料比为 50 : 50 和 75 : 25 的日粮, 结果(乙酸+丁酸)/丙酸变小。Calberry 等^[7]和 Onetti 等^[15]研究认为, 当日粮 NDF 达到要求时, 精料水平的提高不能显著 ($P > 0.05$) 降低瘤胃乙酸浓度。这些都与本试验结果一致。

3.2 日粮精粗比对奶牛泌乳性能的影响

Beauchemin 等^[18]报道, 当日粮粗料 NDF 含量超过 250 g/kg 时, 泌乳净能的下降造成了乳产量的下降。Weiss 等^[19]报道, 对于粗料为苜蓿干草和鸭茅草的日粮, 20 % 精料水平的奶牛乳产量极显著 ($P < 0.01$) 低于 40 % 或 60 % 精料水平的奶牛。Bal 等^[20]报道, 在粗料为青贮玉米时, 饲喂 NDF 含量为 250 和 290 g/kg 的日粮, 奶牛乳产量没有显著 ($P > 0.05$) 差异。NRC^[9]指出, 日粮 NDF 含量大于 250 g/kg 且粗料 NDF 含量为 16 % ~ 20 % 时, 奶牛乳产量相近。本试验中, 奶牛乳产量与日粮 NDF 含量呈中强负相关 ($R = -0.80, P = 0.00$), 随日粮 NDF 和粗料 NDF 含量的降低, 奶牛乳产量增多, 而精粗比相同时, 混合粗料的组合效应改善了日粮 2 的营养结构, 从而增加了乳产量。另外, 本试验奶牛乳产量与乳糖产量呈强正相关 ($R = 0.99, P = 0.00$), 而血液中的葡萄糖是乳糖唯一的前体物^[12], 可能葡萄糖的供应是限制奶牛泌乳量的主要因素。FCM 是为评定奶牛不同个体间产乳性能的优劣而将不同乳脂率的奶通过换算公式校正为同一乳脂率的奶, 通常是将不同乳脂率校正为 4 % 乳脂率的标准乳, 与奶牛产乳量及其乳脂含量密切相关^[12]。本试验 FCM 产量主要由乳产量来决定, 变化规律与乳产量相似, 也与日粮 NDF 含量呈中强负相关 ($R = -0.76, P = 0.00$)。

乳脂是牛乳中最易受日粮影响的成分, 而瘤胃 VFA 是奶牛乳成分的重要合成原料^[19, 12]。通常, 乙酸被认为是乳脂合成的前体物, 而丁酸对乳脂合成也有正效应, 丙酸则有利于乳糖的合成且降低乳脂

率^[12]。Tyznick 等^[21]研究认为,瘤胃乙酸浓度降低,使乳腺中作为脂肪酸重新合成前体物质的乙酸缺乏,导致乳脂含量下降。Emery 等^[22]研究认为,瘤胃 VFA 模式的改变是乳脂含量下降的根本原因。NRC^[9]指出,乳脂含量下降时,瘤胃乙酸可能不缺乏,而是丙酸产量增加,造成乙酸/丙酸变小。因此,瘤胃乙酸/丙酸可作为与乳脂含量下降有关的瘤胃发酵改变的标志。Woodford 等^[23]研究认为,瘤胃乙酸/丙酸大于 2.5 时,可维持乳脂正常合成。本试验中,奶牛瘤胃乙酸浓度与牛乳中乳脂含量差异均不显著 ($P > 0.05$),且乙酸/丙酸在 2.53 ~ 3.42,与上述结果相符。另外,本试验中,采食混合粗料的日粮 2 和 3 的奶牛乳中,乳脂含量高于采食高粗料的日粮 1 和高精料的日粮 4,表明低质和优质粗料的合理搭配有利于乳脂含量的改善,这与 Beauchemin 等^[4]、Weiss 等^[19]、Bal 等^[20]和 Cummins^[24]的试验结果相一致。

4 结 论

4 种精粗比日粮能使瘤胃发酵和乳成分含量保持稳定,但影响瘤胃 VFA 浓度和乳产量。低质和优质粗料的合理搭配有利于稳定瘤胃内环境和乳脂含量,且能改善泌乳性能。

[参考文献]

- [1] 贾敬敦,曹一化. 中国奶业发展战略与科技对策[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2003:43.
- [2] 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.
- [3] Mertens D R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1997, 80:1463-1481.
- [4] Beauchemin K A, Rode L M. Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cow diets based on barley silage and concentrates of barley or corn[J]. J Dairy Sci, 1997, 80:1629-1639.
- [5] Nocek J E, Tamminga S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition[J]. J Dairy Sci, 1991, 74:3598-3629.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] NRC. Nutrient requirements of dairy cattle (7th) [M]. Washington D C: National Academy Press, 2001:13, 34, 184, 282.
- [10] Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media [J]. J Dairy Sci, 1980, 63:64-70.
- [11] Khorasani G R, Okine E K, Kennelly J J. Forage source alters nutrient supply to the intestine without influencing milk yield[J]. J Dairy Sci, 1996, 79:862-872.
- [12] 邱 怀. 现代乳牛学[M]. 北京:中国农业出版社, 2002: 61.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [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] Demeyer D I. Rumen microbes and digestion of plant cell walls[J]. Agric Environ, 1981, 6:295-337.
- [17] Drackey D J, Beaulieu A D, Elliott J P. Responses of milk fat composition to dietary fat or nonstructural in Holstein and Jersey cows[J]. J Dairy Sci, 2001, 84:1231-1237.
- [18] Beauchemin K A, Farr B I, Rode L M, et al. Effects of alfalfa silage chop length and supplementary long hay on chewing and milk production of dairy cows [J]. J Dairy Sci, 1994, 77: 1326-1337.
- [19] Weiss W P, Shockey W L. Value of orchardgrass and alfalfa silages fed with varying amounts of concentrate to dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1991, 74:1933-1943.
- [20] Bal M A, Coors T G, Shaver R D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production[J]. J Dairy Sci, 1997, 80: 2497-2503.
- [21] Tyznick W, Allen N N. The relation of roughage intake to the fat content of the milk and the level of fatty acids in the rumen[J]. J Dairy Sci, 1951, 34:493-504.
- [22] Emery R S, Brown L D, Thomas J W. Effect of sodium bicarbonate and calcium carbonates on milk production and composition of milk, blood, and rumen contents of cows fed grain ad libitum with restricted roughage [J]. J Dairy Sci, 1964, 47: 1325-1337.
- [23] Woodford J A, Jorgensen N A, Barrington G P. Impact of dietary fiber on performance of lactating dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1986, 69:1035-1045.
- [24] Cummins K A. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature [J]. J Dairy Sci, 1992, 75:1465-1471.