

绵羊日粮中添加不同水平脂肪酸钙对养分消化的影响

蔡青和 贾志海 侯文娟

(中国农业大学动物科技学院)

摘要 选取 4 只健康、装有瘤胃瘘管和十二指肠瘘管的成年羯羊,采用 4×4 拉丁方试验设计的方法,研究在玉米秸秆为主的粗料日粮中添加不同水平的脂肪酸钙皂(2%、4% 和 6%)对绵羊消化性能的影响。结果表明,添加 6% 水平的脂肪酸钙的日粮的干物质采食数量明显低于其他组($P < 0.05$),酸性洗涤纤维(NDF)摄入量与对照组间差异显著($P < 0.05$)。不同脂肪酸钙水平对绵羊营养物质的摄入量没有显著影响($P > 0.05$)。随着脂肪酸钙水平的提高,瘤胃 pH 值也提高,其中,4% 水平组与对照组间差异极显著($P < 0.01$),2% 组和 6% 组与对照组间差异显著($P < 0.05$)。添加脂肪酸钙能降低瘤胃氨氮的浓度,4% 和 6% 水平组与 2% 组和对照组间差异显著($P < 0.05$)。不同水平脂肪酸钙影响绵羊营养物质的消化率,6% 水平组的绵羊对日粮中 NDF 和中性洗涤纤维(ADF)的消化率明显低于对照组($P < 0.05$),对脂肪酸的表观消化率 4% 和 6% 水平组低于其他组($P < 0.05$)。

关键词 绵羊; 脂肪酸钙; 瘤胃发酵; 养分消化

中图分类号 S816.7

Effects of Addition Level of Calcium Soap on Nutrient Digestion of Sheep

Cai Qinghe Jia Zhihai Hou Wenjuan

(College of Animal Science and Technology, CAU)

Abstract Four mature wethers with ruminal and duodenal cannulas were fed four diets (mainly contain corn straw) in a 4×4 latin square to study the effects of varying level of calcium soap on nutrient digestion in sheep. The results showed that intake of dry matter at 6% addition level was significantly decreased compared with other treatments ($P < 0.05$). There was no difference in the intake of N, ME, ADF, EE among the treatments. With increasing addition level of calcium soap, ruminal pH was increased. There was significant difference in ruminal pH ($P < 0.01$) between 4% addition level and the control, and 2% or 6% addition level and the control ($P < 0.05$). Addition of calcium soap resulted in reduced ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration; a significant reduction in ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration was observed at the level of 4% and 6% over 2% addition level and the control ($P < 0.05$). Addition level of calcium soap affected nutrient digestion. The digestibility of NDF and ADF at the 6% level was greatly reduced compared with the control ($P < 0.05$); digestibility of fatty acid at 4% or 6% level was also lower than other treatments ($P < 0.05$). No difference in the apparent digestibility was found for DM, N and ME.

Key words sheep; calcium soap; rumen digestion; nutrient digestion

收稿日期: 2000-12-20

蔡青和, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094



日粮中添加脂肪,不仅可以提高日粮的能量浓度,还可以提高能量的利用效率,因为动物直接由饲料中采食的脂肪产生脂肪酸比以醋酸盐或葡萄糖合成脂肪酸更节约能量。与单胃动物不同的是,反刍动物日粮中添加脂肪却会影响瘤胃的发酵平衡,引起纤维素消化率下降。在日粮中添加10%的脂类时,结构性碳水化合物在瘤胃的消化率下降50%或更多^[1],甲烷、氢和VFA产量下降,乙酸/丙酸比例下降^[1-3],奶中乳脂率下降。

以化学保护的形式对脂肪进行修饰,能控制脂肪添加所引起瘤胃发酵平衡的破坏^[4]。Jenkins和Palmquist^[5]首次报道了脂肪酸钙在瘤胃正常pH条件下能稳定存在,在真胃等具有酸性环境条件下发生离解,以后的研究也证实了上述结论。近10多年来,反刍动物脂类营养研究逐渐深入,已经开发出了适合于反刍家畜使用的多种形式的惰性脂肪产品,如氧化钙皂,蛋白包被钙皂等。

国外对瘤胃惰性脂肪的研究多侧重于奶牛,对肉羊研究较少。我国大部分农村都饲养绵羊,能量饲料来源主要是作物秸秆(玉米等谷物一般多用于饲喂单胃动物),而秸秆的能量含量很低,不能满足绵羊生产需要。本研究目的是探讨脂肪酸钙在以玉米秸秆为主的绵羊日粮中添加作用,以便通过在饲料中的添加来提高绵羊日粮的能量浓度。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用4×4拉丁方设计,在日粮中添加2%、4%和6%水平脂肪酸钙,另设一对照组。脂肪酸钙来源于北京农林科学院开发的产品,其中含脂肪酸79.90%,钙7.95%。该试验分2阶段进行,第1阶段,试验预试期(2000-05-10—05-22),所有试验动物都供给组成一致的基础日粮。第2阶段为试验期(2000-05-23—07-20),共分4期,每期试验分为调整期(8d)和采样期(7d)。

1.2 试验日粮、动物及饲养

试验日粮是根据中国美利奴羊营养需要标准(45kg体重,日增重50g)^[6]配制(表1)。

挑选4只体况良好,体重接近,并且分别装有瘤胃、十二指肠瘘管的成年绵羊(2周岁),作为试验用羊。试验羊为单圈饲养,自由饮水,每日喂料2次(8:00和16:00)。试验开始时,对试验羊进行驱虫、剪毛。

1.3 采样方法

分别于试验开始、结束时采取一定量的饲料样品,同种饲料混合后进行分析,同时,收集各期试验日粮的剩料,加以测定。各期试验的预试期结束后,连续5d分别在每天喂料时进行采样。于粪样采完后隔1d,进行瘤胃液采样。

采用Cr₂O₃为食糜标记物测定食糜流通量,在采样前4d开始从瘤胃瘘管分2次投入,连续投7d,每隔12h投放1次(每次剂量为20g),每天投放总量为40g,启动剂量为40g。从瘤胃投放Cr₂O₃的第4天开始,每隔6h采集十二指肠食糜30mL,每日采4次,每日的采样点交替变化,连续采3d。将3d不同时间点采集十二指肠食糜按等量混合分别制成混合样本,各取1份混合样本冻干以备测定DM, Cr₂O₃, RNA含量和总氮含量;另取1份用于分离微生物蛋白。

表 1 试验羊日粮组成及营养成分(风干样为基础)

w /%

饲料组成	日粮脂肪酸钙水平 w /%			
	0	2	4	6
饲料配合				
玉米秸	70.0	73.0	76.0	79.0
苜蓿干草	10.0	10.0	10.0	10.0
玉米	18.0	12.0	6.0	0.0
豆粕	0.0	1.0	2.0	3.0
脂肪酸钙	0.0	2.0	4.0	6.0
尿素	0.8	0.8	0.8	0.8
磷酸氢钙	0.6	0.6	0.6	0.6
食盐	0.5	0.5	0.5	0.5
预混料	0.1	0.1	0.1	0.1
合计	100.0	100.0	100.0	100.0
日粮营养水平				
代谢能(ME)/(MJ·kg ⁻¹)	12.3	12.3	12.7	12.7
粗蛋白(CP)	13.6	13.6	13.7	13.5
中性洗涤纤维(NDF)	63.2	63.1	60.9	63.1
酸性洗涤纤维(ADF)	39.3	37.8	38.7	39.3
粗脂肪(EE)	11.6	12.4	13.6	15.6
粗灰分(ash)	12.5	12.8	13.8	13.6
钙(Ca)	0.82	0.89	1.19	1.26

每 kg 预混料中: 含 VA 5.4×10^7 IU, VD₃ 0.9×10^7 IU, VE 1.8×10^4 IU, VB₁₂ 0.03 g; 含矿物质 FeCl₂ 19 600 mg, CuSO₄ (含铜 25%) 1 800 mg, MnO₂ 10 560 mg, ZnCl₂ 4 500 mg, 5% 的 CaD₂ 6 000 mg 及 1% 的 Na₂SeO₃ 4 800 mg。

1.4 样品处理与分析

用实验室常规方法分析精料、饲草、剩料、粪样及尿样中 DM, CP, ADF, Ca 等指标。瘤胃液氨氮浓度的测定根据冯宗慈和高民方法^[7]。微生物内 RNA 的测定采用嘌呤法^[8]。十二指肠食糜 Cr 浓度测定根据高民和冯宗慈方法^[9]。

1.5 数据统计分析

用 SAS(SAS for Windows, Release 6.12) 软件包中的拉丁方设计方差分析过程 ANOVA, 均值的多重比较用 Duncan 法进行。

2 结果与讨论

2.1 不同脂肪酸钙水平对绵羊营养物质摄入量的影响(表 2)

日粮中添加 6% 水平的脂肪酸钙对试验羊的干物质摄入量具有明显的抑制作用 ($P < 0.05$)。而另外 3 组(0, 2% 和 4%) 的干物质采食量间差异不显著 ($P > 0.05$)。这与 Ngidi^[10] 的研究一致。日粮中高水平的脂肪酸钙对采食量的影响可能是脂肪酸钙的适口性所致。

试羊对日粮营养物质 N, ME, ADF 和 EE 的摄入量并没有随着脂肪酸钙水平的提高而有显著的影响 ($P > 0.05$), 但表现试验羊对营养物质 N, ME 和 ADF 的摄入量呈下降趋势。而对 EE 的摄入则随着脂肪酸钙水平的提高而增加。而 NDF 摄入量随着日粮中脂肪酸钙水平的提高而

加而显著下降($P < 0.05$)。

表2 日粮脂肪酸钙水平对绵羊营养物质的摄入量的影响

测定指标	日粮脂肪酸钙水平 $w/\%$			
	0	2	4	6
DM	1 492.9 ± 109.2 a	1 449.4 ± 124.4 a	1 459.3 ± 140.23 a	1 290.6 ± 151.68 b
N	32.41 ± 2.37	31.61 ± 2.7	30.3 ± 4.32	27.9 ± 4.43
ME/(MJ·kg ⁻¹)	18.4 ± 1.34	17.8 ± 1.52	18.5 ± 1.78	16.4 ± 1.93
NDF	944.1 ± 69.1 a	911.9 ± 81.8 ab	802.7 ± 116.5 ab	762.9 ± 95.6 b
ADF	586.5 ± 42.9	562.5 ± 44.8	534.0 ± 76.4	507.4 ± 80.5
EE	173.2 ± 12.7	179.4 ± 15.4	198.5 ± 19.1	188.6 ± 23.7

数字后字母相同者表示差异不显著,不同者表示差异显著,显著水平为0.05和0.01,下同。

2.2 不同脂肪酸钙水平对绵羊瘤胃生理参数(pH, NH₃)的影响(表3)

日粮中添加脂肪酸钙皂能改变绵羊瘤胃的发酵平衡。与对照组相比,日粮中添加脂肪酸钙提高了试验组绵羊瘤胃pH。其中,添加4%和6%组与0组差异极显著($P < 0.01$),添加2%组与对照组相比,pH差异显著($P < 0.05$)。不同水平的脂肪酸钙对瘤胃的pH值影响也不一致。添加4%组与2%组相比,4%组的瘤胃pH要明显高于2%组($P < 0.05$)。

表3 日粮中添加不同水平的脂肪酸钙对瘤胃液pH值和NH₃-N浓度的影响

生理参数	n	日粮脂肪酸钙水平 $w/\%$			
		0	2	4	6
pH	7	6.76 ± 0.20 aA	6.85 ± 0.18 b	6.94 ± 0.14 B	6.90 ± 0.10 Bc
NH ₃ -N (mg/100mL)	7	42.4 ± 3.55 a	42.1 ± 3.72 a	39.9 ± 4.39 b	40.2 ± 3.66 b

瘤胃液氨氮浓度测定的结果显示,添加脂肪酸钙能降低瘤胃液中的氨氮浓度($P < 0.05$)。添加4%和6%的试验羊瘤胃液氨氮浓度明显要比添加2%水平和对照组低($P < 0.05$)。Jenkins^[11]在绵羊日粮中添加玉米油和卵磷脂时引起瘤胃液氨氮浓度下降。

2.3 不同脂肪酸钙水平对绵羊微生物蛋白产量的影响(表4)

从测定的结果看,不同脂肪酸钙对小肠微生物蛋白的数量并没有显著性的差异。虽然在日粮中添加脂肪酸钙能降低瘤胃的氨氮浓度,但有可能这些氨并未被瘤胃微生物转变为自身的蛋白质,从而达到小肠的微生物蛋白的产量没有差异。

表4 不同脂肪酸钙水平对绵羊微生物蛋白产量的影响

氮的测定	日粮脂肪酸钙水平 $w/\%$			
	0	2	4	6
摄入总氮(TN)	32.4 ± 2.37	31.6 ± 2.71	30.3 ± 4.32	27.9 ± 4.43
排出粪氮(FN)	7.23 ± 1.42	6.51 ± 0.71	7.18 ± 1.26	6.73 ± 0.89
十二指肠微生物氮(MN)	9.20 ± 0.81	9.27 ± 1.18	8.11 ± 1.83	9.92 ± 0.24

2.4 不同脂肪酸钙水平对绵羊摄入总营养物质的表观消化率的影响(表 5)

日粮中添加脂肪酸钙并不影响试验羊对 DM、ME 和 N 的消化率 ($P > 0.05$)。但是, 添加脂肪酸钙在一定程度上能提高试验羊以粗料为主的营养物质(DM 和 GE)的消化率。与对照组相比, 日粮中添加 2%、4% 和 6% 的脂肪酸钙 DM 的消化率分别提高 9.03%、3.95% 和 6.08%。对日粮能量的利用率分别提高 1.16%、4.73% 和 7.50%。日粮中添加 6% 脂肪酸钙与对照组相比, N 的消化率下降了 6.11%, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。Ngidi^[10]也观察到, 日粮中添加钙皂引起 DM、N 和 GE 的消化率不受添加水平的影响。

表 5 不同脂肪酸钙对饲料中营养物质消化率的影响

测定指标	日粮脂肪酸钙水平 w / %			
	0	2	4	6
DM	43.5 ± 2.82	52.5 ± 5.05	47.7 ± 8.80	49.5 ± 7.68
ME	49.3 ± 3.41	50.4 ± 8.85	54.0 ± 8.00	56.8 ± 5.12
N	77.5 ± 5.45	77.2 ± 5.78	75.8 ± 4.77	71.4 ± 4.14
NDF	59.5 ± 0.96 a	52.7 ± 5.96 ab	51.8 ± 3.33 ab	48.1 ± 2.65 b
ADF	51.9 ± 2.68 a	43.1 ± 7.13 ab	43.3 ± 4.78 ab	39.9 ± 2.17 b
FAT	71.4 ± 2.23 a	68.4 ± 2.89 ab	65.6 ± 4.77 b	67.5 ± 2.29 b

日粮中添加脂肪酸钙影响试验羊对结构性碳水化合物的消化。添加 6% 水平的脂肪酸钙与对照组相比, 结构性碳水化合物(NDF 和 ADF)的消化率明显下降 ($P < 0.05$), 表明添加 6% 水平的脂肪酸钙在以粗料为主的日粮中并不适宜。添加 2%、4% 和 6% 组间差异不显著 ($P > 0.05$), 但随着脂肪酸钙水平的提高, NDF 和 ADF 的消化率具有下降的趋势。消化率的下降可能是由于日粮中添加脂肪酸阻止了纤维素酶与作用底物的结合^[2, 12]或由于脂肪酸直接抑制了降解纤维素细菌的活性^[13-15]。这与 Jenkins^[5]的研究结果一致, 而与 Ngidi^[10]在高精料日粮中添加钙皂时, 随着添加水平的提高, NDF 和 ADF 消化率而呈线性增加的趋势 ($P < 0.08$) 不相同, 这可能是日粮结构不同引起的。

日粮中添加脂肪酸钙影响日粮中脂肪的消化率。与对照组相比, 添加 4% 和 6% 水平的脂肪酸钙皂脂肪的消化率明显降低 ($P < 0.05$)。

3 结论

本研究证明, 在以玉米秸秆为主的绵羊的日粮中, 添加 2% 水平的脂肪酸钙较为适宜, 它能替代日粮中 6% 的玉米添加量而不影响绵羊的正常消化, 过多的添加会产生不利的影响。

本试验得到了北京农林科学院吴建设研究员和本校动物科技学院富俊才老师、孟庆翔老师的指点; 本校彭玉麟、夏兆刚和谢实勇等同学也提供了帮助; 样品分析中得到了杨雅芳、李胜利和戎郁萍等老师以及内蒙古畜牧科学院孙桂芬同学的帮助。在此表示谢意。

参 考 文 献

- 1 Harfoot C G, Noble R C. Factors influencing the extent of biohydrogenation of linoleic acid by rumen microorganisms *in vitro* J Sci Food Agric, 1973, 24: 961
- 2 Devendra C, Lewis D. The interaction between dietary lipids and fibre in sheep. Anim Prod, 1974, 19: 76~84
- 3 Fay J P, Cheng K J, et al Esterase activity of pure cultures of rumen bacteria as expressed by the hydrolysis of p-nitrophenylpalmitate Can J Microbiol, 1990, 36: 585
- 4 Jenkins T C. Regulation of lipid metabolism in the rumen J Nutr, 1994, 124: 1372s~1376s
- 5 Jenkins T C, Palmquist D L. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations J Dairy Sci, 1984, 67: 978~986
- 6 中国美利奴羊饲养标准研究协助组编 中国美利奴羊营养需要量及饲料营养价值. 北京: 中国农业科技出版社, 1992
- 7 冯宗慈, 高民 通过比色法测定瘤胃液氨氮含量方法的改进 内蒙古畜牧科学, 1993, (4): 40, 41
- 8 Zinn R A, Owens F N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis Can J Anim Sci, 1986, 66: 157~162
- 9 高民, 冯宗慈 一种改进铬的测定方法 内蒙古畜牧科学, 1993, (3): 42~45
- 10 Ngidi M E, Loerch S C, Fluharty F L, et al Effects of calcium soaps of long-chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and ruminal metabolism of steers J Anim Sci, 1990: 2555~2565
- 11 Jenkins T C, Fotouhi N. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. J Anim Sci, 1990, 68: 460~466
- 12 Immig V I, Wirth S J, Wolf G A, et al Quantifizierung der aktivitat Nachweis von fettsaure-effekten in pansen von Schafen. J Anim Physiol Anim Nutr, 1991, 66: 45~53
- 13 Galbraith H, Miller T B, Paton A M, et al Antibacterial activity of long chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol J Appl Bacteriol, 1971, 34: 803~809
- 14 Henderson C. The effects of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria J Agric Sci(Cambridge), 1973, 81: 107~113
- 15 Maczulak A E, Dehority B A. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria Appl Environ Microbiol, 1981, 42: 856~861