

饲料相同亚油酸水平下不同植物油对绵羊瘤胃发酵和微生物酶活性的影响

曹秀青¹ 刘立成² 任燕锋¹ 刘大森^{1*}

(1. 东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农垦科学院畜牧兽医研究所, 哈尔滨 150038)

摘要: 本试验旨在研究饲料中相同亚油酸水平下, 不同植物油对绵羊瘤胃发酵和微生物酶活性的影响。选取 4 只雄性、健康、体重(40 ± 1) kg、安装有永久性瘤胃瘘管的绵羊(东北半细毛羊 × 陶赛特羊)。采用 4 × 4 拉丁方试验设计, 整个试验分 4 期, 每期 16 d。按采食的饲料中添加的不同植物油将试羊分为对照组(无添加)和 3 个试验组[PO 组(4.00% 花生油)、CO 组(2.84% 玉米油)和 SO 组(2.86% 大豆油)], 3 个试验组亚油酸水平一致。测定 24 h 内瘤胃液 pH、原虫数、氨态氮浓度和挥发性脂肪酸浓度变化以及微生物酶活性。结果表明: 饲料中不同植物油对瘤胃液 pH、氨态氮浓度、挥发性脂肪酸浓度平均值没有显著影响($P > 0.05$); 在每次采食后 1~4 h, PO 组的总挥发性脂肪酸浓度、原虫数量显著低于对照组($P < 0.05$); 每次采食后 1~4 h, PO 组的滤纸纤维素酶、羧甲基纤维素酶、葡萄糖苷酶和果胶酶活性显著降低($P < 0.05$); 饲料中不同植物油后对木聚糖酶活性无显著影响($P > 0.05$)。在饲料相同亚油酸水平下, 不同植物油(添加量 2.84%~4.00%)对羊瘤胃发酵没有不利影响; 4.00% 花生油的添加使瘤胃纤维降解相关酶的活性降低, 其中羧甲基纤维素酶、果胶酶、滤纸纤维素酶和葡萄糖苷酶活性在采食后 1~4 h 显著降低。

关键词: 瘤胃发酵; 微生物酶活性; 植物油

中图分类号: S826

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)05-0748-07

在反刍动物饲料中添加富含亚油酸的植物油可以提高畜产品中共轭亚油酸(CLA)含量^[1-2]。但添加植物油的种类和添加量必须以不影响反刍动物瘤胃发酵和微生物酶活性为前提。添加含多不饱和脂肪酸的植物油对反刍动物瘤胃发酵和微生物活性的影响效果不一^[3-4], 其主要原因是植物油的种类和添加量不同。添加相同或不同水平的植物油或混合油对畜产品或组织中 CLA 含量的影响报道较多, 但对相同亚油酸水平不同植物油对反刍动物瘤胃发酵方面的研究尚未见报道。本试验通过添加植物油调控饲料亚油酸水平, 研究其对绵羊瘤胃发酵指标和微生物酶活性的影响。为通过调控饲料亚油酸水平提高反刍动物产品中

CLA 含量奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

选取 4 只雄性、健康、安装有永久性瘤胃瘘管绵羊(东北半细毛羊 × 陶赛特羊), 体重(40 ± 1) kg, 采用 4 × 4 拉丁方试验设计, 整个试验分 4 期, 每期预试期 10 d, 正试期 6 d。

1.2 试验饲料及饲养管理

基础饲料配制参照 NRC(1985), 以羊草为粗饲料, 以玉米和豆粕为精饲料主要原料, 按 1.2 倍维持需要配制, 饲料精粗比为 40:60。按采食的饲料中添加的不同植物油将试羊分为对照组(无添

收稿日期: 2010-11-06

基金项目: 黑龙江省教育厅项目(11511025)

作者简介: 曹秀青(1982—), 女, 山东成武人, 硕士研究生, 从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: lycxq2008@163.com

* 通讯作者: 刘大森, 教授, 博士生导师, E-mail: dasenliu@neau.edu.cn

加)和3个试验组[PO组(4%花生油)、CO组(2.84%玉米油)和SO组(2.86%大豆油)]。通过实验室测定,3个添加油脂组饲粮亚油酸水平分别为2.47%、2.49%和2.51%,差异不显著($P>0.05$)。试验饲粮组成及营养水平见表1。

各种植物油均匀添加于精料中,同精料一起饲给试验羊。按最大采食量的85%给料,每日饲喂精料480 g,羊草720 g,分2次等量饲喂(08:00和18:00),试验羊单圈饲养,自由饮水。

表1 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of the experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	对照组 Control group	PO组 Group PO	CO组 Group CO	SO组 Group SO
原料 Ingredients				
羊草 Chinese wildrye	60.00	60.00	60.00	60.00
玉米 Corn	31.00	26.00	27.45	27.44
豆粕 Soybean meal	6.50	7.50	7.21	7.20
磷酸氢钙 CaHPO_4	0.50	0.50	0.50	0.50
石粉 Limestone	1.00	1.00	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix	0.50	0.50	0.50	0.50
花生油 Peanut oil		4.00		
玉米油 Corn oil			2.84	
大豆油 Soybean oil				2.86
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels				
干物质 DM	89.64	90.03	90.02	90.11
粗蛋白 CP	9.59	9.57	9.56	9.56
粗脂肪 EE	1.82	5.59	4.49	4.51
中性洗涤纤维 NDF	46.11	45.79	45.88	45.88
酸性洗涤纤维 ADF	23.68	23.59	23.61	23.61
钙 Ca	0.72	0.73	0.73	0.73
总磷 TP	0.32	0.31	0.32	0.32
脂肪酸 Fatty acid				
C14:0	0.010	0.002	0.003	0.004
C16:0	0.347	0.490	0.577	0.546
C16:1			0.004	0.004
C18:0	0.054	0.171	0.089	0.159
C18:1	0.470	2.29	1.200	0.900
C18:2	0.870	2.470	2.490	2.510
C18:3	0.030	0.030	0.040	0.300

预混料为每千克饲粮提供 Premix provided following per kg of diet:VA 15 000 IU,VD₃ 3 000 mg,VE 40 mg,VK 2 mg,烟酸 nicotinic acid 40 mg,泛酸 pantothenic acid 20 mg,叶酸 folic acid 2 mg,胆碱 choline 500 mg,Fe 100 mg,Cu 10 mg,Mn 40 mg,Zn 100 mg,Se 0.3 mg,I 0.5 mg。

1.3 样品采集与测定

正试期第1天于晨饲后1 h开始采集瘤胃液,共10次,分别在09:00、11:00、13:00、16:00、18:00、20:00、22:00、01:00、04:00、07:00,4层纱布过滤,立即采用pH计(METTLER TOLEDO

Delta 320 pH)测定pH;取滤液1 mL加入4 mL染液(methyl green-formalin-sodium chloride, MFS),摇匀,固定30 min进行原虫计数^[5]。

在滤液中加入2滴饱和氯化汞溶液,3 500 r/min离心,取4 mL上清液加1 mL 25%偏磷酸和1 mL

10% 三氯乙酸。取 0.5 mL 上清液加入 9.5 mL 0.2 mol/L HCl 用于氨态氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 浓度的测定^[6]; 剩余滤液于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存, 采用日本岛津 GC-2010 气相色谱仪测定挥发性脂肪酸 (VFA)^[7]; 采用汪水平等^[8]的方法测定微生物酶活性。

测定饲料中脂肪酸含量按 Folch 等^[9]的方法进行, 试剂 F. A. M. E. Mix 和 C4-C24 脂肪酸混合标准品 (47885-u) 购自于 SupelcoTM 公司。

1.4 数据处理及统计分析

统计分析采用 SAS 8.02 软件包的 ANOVA 过程进行方差分析, 用 Duncan 氏法进行多重比较。以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准, 试验结果用平均值 \pm 标准差表示。

2 结果

2.1 饲料不同植物油对绵羊瘤胃发酵指标的影响

由表 2 可知, 饲料不同植物油对瘤胃 pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度未产生显著影响 ($P > 0.05$)。PO 组原虫数量与对照组相比降低了 42.18% ($P < 0.05$), 而 CO 组和 SO 组间原虫数量无显著差异 ($P > 0.05$); 3 个试验组之间原虫数量差异不显著, 但以 PO 组中含量最低 ($P > 0.05$)。饲料不同植物油对瘤胃液总挥发性脂肪酸 (TVFA)、乙酸、丙酸、丁酸浓度及乙酸/丙酸比例的影响差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 饲料不同植物油对绵羊瘤胃发酵指标的影响				
Table 2 Effects of different dietary sources of vegetable oil on ruminal fermentation indices of sheep				
指标 Indices	对照组 Control group	PO 组 Group PO	CO 组 Group CO	SO 组 Group SO
pH	6.11 \pm 0.05	6.09 \pm 0.05	6.10 \pm 0.04	6.12 \pm 0.04
氨态氮浓度 $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration/(mg/dL)	10.59 \pm 2.17	10.64 \pm 1.54	11.13 \pm 0.82	11.84 \pm 0.57
原虫数量 Protozoa counts/(10^5 个/mL)	14.96 \pm 2.04 ^a	8.65 \pm 1.66 ^b	10.76 \pm 1.07 ^{ab}	10.50 \pm 1.13 ^{ab}
乙酸 Acetate/(mmol/L)	43.05 \pm 2.16	39.63 \pm 2.07	43.42 \pm 1.98	41.33 \pm 2.07
丙酸 Propioante/(mmol/L)	12.63 \pm 0.72	13.42 \pm 0.87	14.79 \pm 0.54	13.77 \pm 0.41
丁酸 Butyrate/(mmol/L)	11.23 \pm 1.10	10.03 \pm 1.29	9.38 \pm 0.31	9.65 \pm 1.16
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L)	66.91 \pm 3.48	63.08 \pm 2.87	67.60 \pm 1.85	64.75 \pm 3.30
乙酸/丙酸 Ratio of acetate to propionate	3.47 \pm 0.18	3.02 \pm 0.20	2.97 \pm 0.16	3.04 \pm 0.11

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。
In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

2.1.1 饲料不同植物油对瘤胃液 pH 动态变化的影响

由图 1 可以看出, 各组瘤胃液 pH 随时间变化的动态趋势基本一致, 即: 采食后 pH 降低, 然后逐渐升高至下一次采食; 每次采食后呈现相同的变化规律。

2.1.2 饲料不同植物油对瘤胃液 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度动态变化的影响

由图 2 可以看出, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度动态变化趋势基本一致, 且 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的峰值均出现在采食后 1 ~ 2 h (09:00 和 20:00), 之后趋于下降, 5 ~ 7 h (13:00—15:00 和 01:00) 时降至最低水平, 然后升高。

2.1.3 饲料不同植物油对瘤胃液原虫数量动态变化的影响

由图 3 可以看出, 各试验组瘤胃液原虫数量均低于对照组, 3 个试验组之间原虫数量差异不显著 ($P > 0.05$); 第 2 次采食后 2 h (20:00), 试验组显著低于对照组 ($P < 0.05$); 在第 1 次采食后 1 ~ 3 h (09:00—11:00) 和第 2 次采食后 2 ~ 4 h (20:00—22:00), PO 组原虫数量与显著低与对照组 ($P < 0.05$); 24 h 内, 除第 2 次采食后 2、7 h (20:00、01:00) 均为 PO 组最低。

2.1.4 饲料不同植物油对瘤胃液 TVFA 浓度动态变化的影响

由图 4 可以看出, 各组 TVFA 浓度随时间变化曲线呈现出基本一致的规律, 采食后先升高后

降低,2 次采食中间出现峰值。第 1 次采食后 7 h, CO 组和 PO 组显著低于对照组 ($P < 0.05$), PO 组显著低于 SO 组 ($P < 0.05$); 其余时间点则差异不显著 ($P > 0.05$)。

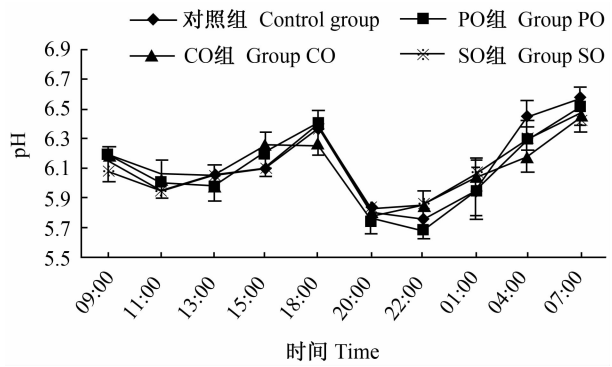


图 1 饲粮不同植物油对瘤胃液 pH 动态变化的影响
Fig. 1 Effects different dietary sources of vegetable oil on the dynamic change of pH of rumen fluid

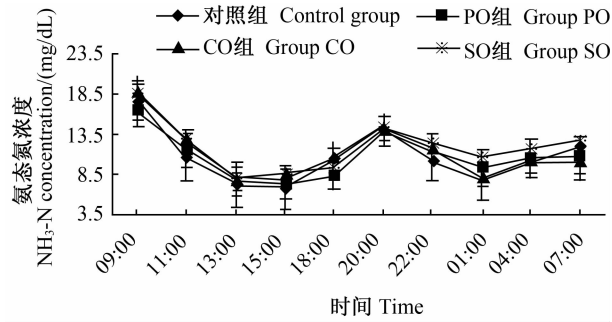


图 2 饲粮不同植物油对瘤胃液氨态氮浓度动态变化的影响
Fig. 2 Effects of different dietary sources of vegetable oil on the dynamic change of $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration of rumen fluid

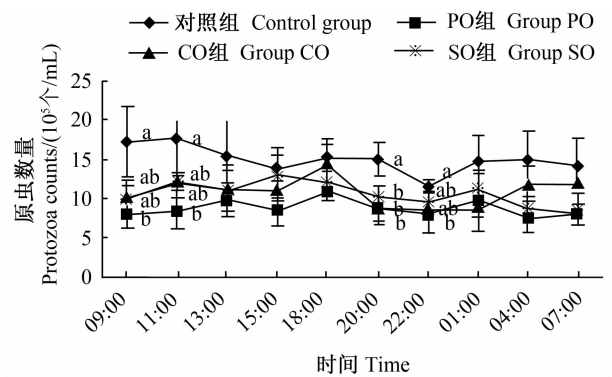


图 3 饲粮不同植物油对瘤胃液原虫数量动态变化的影响
Fig. 3 Effects of different dietary sources of vegetable oil on the dynamic change of protozoa counts of rumen fluid

2.2 饲粮不同植物油对瘤胃微生物酶活性的影响

由表 3 可知,与对照组相比,PO 组滤纸纤维素酶、羧甲基纤维素酶、葡萄糖苷酶和果胶酶的活性显著降低 ($P < 0.05$),木聚糖酶活性没有显著变化 ($P > 0.05$),其他 4 种酶活性显著低于 CO 组 ($P < 0.05$),CO 组和 SO 组中 4 种酶活性与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$),但 SO 组羧甲基纤维素酶和果胶酶活性显著低于 CO 组 ($P < 0.05$)。不同植物油对滤纸纤维素酶和葡萄糖苷酶活性影响一致,对羧甲基纤维素酶和果胶酶活性影响一致。

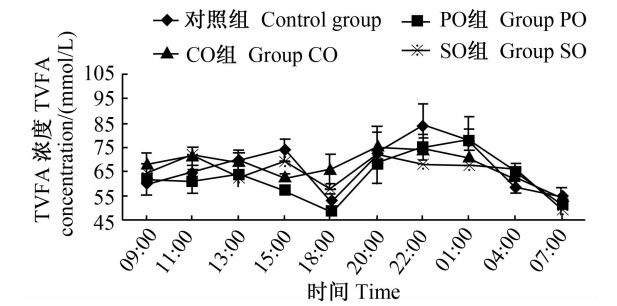


图 4 饲粮不同植物油对瘤胃液 TVFA 浓度动态变化的影响
Fig. 4 Effects of different dietary sources of vegetable oil on the dynamic change of TVFA concentration of rumen fluid

3 讨论

本试验不同处理对瘤胃液 pH 未产生影响,各组瘤胃液平均 pH 间差异不显著,与 Hristov 等^[10]所获得的结论基本一致,但 Bateman 等^[11]在干奶期荷兰斯坦奶牛的研究中发现,豆油剂量为 2% 和 4% 时瘤胃液 pH 降低,6% 时不变,8% 时升高,与本试验结果不一致。这说明瘤胃液 pH 受饲粮组成、营养成分、饮水、环境以及试验动物等试验条件影响。近年来研究发现低 pH 对瘤胃微生物发酵是否有存在负面影响不仅仅与 pH 的平均值有关,还与 pH 的变化范围有关,pH 变化范围大对瘤胃微生物发酵的影响比低 pH、变化范围小的影响要大得多^[12]。本试验瘤胃液 pH 的变化范围为 5.76 ~ 6.50,且处于极端值的时间较短,所以不影响瘤胃的正常发酵。值得注意的是,Qiu 等^[13]报道 pH 5.8 与 6.5 相比增加了 CLA、C18:1 和 C18:2 的流量,降低了 C18:0 的流量,低 pH 有利于有益脂肪酸的合成。

表 3 饲料不同植物油对瘤胃微生物酶活性的影响

Table 3 Effects of different dietary sources of vegetable oil on microbial enzyme activities in the rumen
μmol/(g·min)

指标 Indices	对照组 Control group	PO 组 Group PO	CO 组 Group CO	SO 组 Group SO
滤纸纤维素酶 FPase	2.91 ± 0.30 ^a	2.40 ± 0.36 ^b	3.03 ± 0.36 ^a	2.67 ± 0.10 ^{ab}
羧甲基纤维素酶 CMCase	2.94 ± 0.27 ^{ab}	2.42 ± 0.35 ^c	3.06 ± 0.36 ^a	2.66 ± 0.09 ^{bc}
葡萄糖苷酶 Glucosidase	2.73 ± 0.24 ^a	2.24 ± 0.32 ^b	2.78 ± 0.32 ^a	2.41 ± 0.13 ^{ab}
果胶酶 Pectase	4.45 ± 0.41 ^{ab}	3.73 ± 0.45 ^c	4.59 ± 0.48 ^a	4.10 ± 0.22 ^{bc}
木聚糖酶 Xylanase	7.35 ± 0.59	6.41 ± 0.81	7.60 ± 0.67	7.02 ± 0.27

瘤胃液中 NH₃-N 既是饲料蛋白质、内源性蛋白质和非蛋白氮分解的终产物,同时也是在有能量和碳链的情况下,瘤胃微生物合成菌体蛋白质的主要氮源,其浓度最适范围较宽,为 8.5 ~ 30.0 mg/dL。本试验各组绵羊瘤胃液氨氮浓度变化范围为 6.76 ~ 18.69 mg/dL,处于最佳浓度范围之内。Hristov 等^[10]在育肥牛饲料中添加 5% 富含油酸或富含亚油酸的红花油对瘤胃 NH₃-N 浓度没有影响,与本试验结果一致。但杨舒黎^[14]在试验牛饲料中添加 4% 的豆油、胡麻油或者是二者 1:1 混合油均显著增加了瘤胃液中的氨氮浓度。

亚油酸对瘤胃原虫是具有毒性的,不少学者在体内和体外试验中都报道亚油酸可降低原虫数量,Hristov 等^[15]在体外培养基中加入 0.25%、0.50% 或 1.00% 的亚油酸,原虫数量分别降低 48%、88% 和 100%,加入等量油酸,原虫数量分别降低 26%、45% 和 78%,说明油脂含双键越多对原虫数量降低的影响就越大。Oldick 等^[16]研究发现随着饲料脂肪不饱和程度的增加瘤胃原虫的数量呈线性下降。

饲料添加植物油对瘤胃发酵产生 VFA 浓度的影响比较复杂,与添加量和种类有关。Clinquart 等^[17]报道当脂肪添加量低于 3.3% 时可使 TVFA 浓度增加,但添加量超过 5% 时则会减少。Zhang 等^[18]报道在体外培养中 TVFA 随亚麻酸比例的提高而升高,亚麻酸单独添加显著高于亚油酸单独添加。但本试验中添加饱和度不同的植物油对乙酸、丙酸、丁酸浓度影响差异不显著,PO 组和 SO 组乙酸浓度有降低趋势,各试验组丙酸浓度均有升高的趋势,丁酸浓度有下降趋势。Hristov 等^[10]也报道饲料添加 5% 富含亚油酸或油酸的红花油对 VFA 浓度和乙酸、丙酸比例没有影响,这说明脂肪不饱和度对 VFA 影响较小。但杨舒黎^[14]报道试验奶牛饲

粮添加 4% 植物油显著降低了瘤胃液丁酸和 TVFA 的浓度,乙酸和丙酸浓度有降低趋势。这是因植物油饱和度和动物生理状况等不同所致。

瘤胃微生物对植物细胞壁的降解速度和程度影响植物饲料对反刍动物的营养价值,而反刍动物对植物细胞壁的分解利用主要依靠瘤胃微生物分泌的一系列酶的协同作用。研究发现只有与饲料颗粒紧密结合的微生物才分泌植物降解酶直接负责纤维物质的降解。杨舒黎^[14]在试验牛饲料中添加 4% 的大豆油或亚麻油后总纤维素酶活性显著降低;梁松^[19]在鲁西黄牛基础饲料中添加 1% 鱼油 + 3% 葵花油、1.5% 鱼油 + 2.5% 葵花油或 2% 鱼油 + 2% 葵花油对瘤胃中木聚糖酶、羧甲基纤维素酶和葡萄糖苷酶活性没有影响,只是饲料添加 1% 鱼油 + 3% 葵花油前 2 种酶活性略低,他认为添加鱼油可能有利于纤维素酶活性的提高,而葵花油有抑制纤维素酶活性的作用;但 Hristov 等^[10]在试验牛饲料中添加 5% 的富含亚油酸和油酸的红花油对瘤胃多糖降解活性没有影响。说明微生物酶活性与动物个体、植物油的添加量及饲料脂肪的不饱和程度有关。反刍动物瘤胃微生物适应较低水平且不饱和度不高的饲料脂肪,当脂肪超过干物质的 2% ~ 3% 或不饱和度增加就会抑制纤维分解菌的活动,植物油添加水平较低时,动物采食的粗饲料,如羊草,可与微生物竞争吸附脂肪酸,减少了脂肪对微生物代谢的抑制作用。

本研究是相同亚油酸水平下植物油对绵羊瘤胃发酵的影响,而相关研究很少,没有更多的资料参考,更多实验有待深入进行。

4 结 论

① 在饲料相同亚油酸水平下,不同植物油(添

加量 2.84% ~4.00%) 对瘤胃发酵没有不利影响。

② 在饲料相同亚油酸水平下, 4.00% 的花生油的添加使瘤胃纤维降解相关酶的活性降低, 羧甲基纤维素酶、果胶酶活、滤纸纤维素酶和葡萄糖苷酶活性均为最低。

参考文献:

- [1] ABU GHAZALEH A A, BUCKLES W R. The Effect of solids dilution rate and oil source on trans C18:1 and conjugated linoleic acid production by ruminal microbes in continuous culture [J]. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90:963 - 969.
- [2] LOOR J J, UEDA K, FERLAY A. Short communication: diurnal profiles of conjugated linoleic acids and trans fatty acids in ruminal fluid from cows fed a high concentrate diet supplemented with fish oil, linseed oil, or sunflower oil [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87:2468 - 2471.
- [3] 王喜乐. 不同植物油对山羊瘤胃消化代谢与瘤胃内 TVA、CLA 累积的影响 [D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [4] 刘瑞芳. 日粮中添加植物油对奶牛瘤胃发酵和乳脂中共轭亚油酸含量影响的研究 [D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [5] 卢德勋, 谢崇文. 现代反刍动物营养研究方法和技术 [M]. 北京: 农业出版社, 1991: 97 - 100.
- [6] 冯宗慈, 高民. 通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进 [J]. *内蒙古畜牧科学*, 1993, 4:40 - 41.
- [7] 刘立成, 曹秀青, 刘大森. 毛细管气相色谱法测试瘤胃液 VFA 可行性的研究 [J]. *饲料工业*, 2008, 29 (20): 59 - 60.
- [8] 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.
- [9] FOLCH J, LESS M, SLOANE STANLEY G H. A sample method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1957, 226:497 - 509.
- [10] HRISTOV A N, KENNINGTON L R, MCGUIRE M A, et al. Effect of diets containing linoleic acid- or oleic acid-rich oils on ruminal fermentation and nutrient digestibility, and performance and fatty acid composition of adipose and muscle tissues of finishing cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2005, 83:1312 - 1321.
- [11] BATEMAN II H G, JENKINS T C. Influence of soybeans oil in high fibre diets fed to non lactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility [J]. *Journal of Dairy Science*. 1998, 81 (9): 2451 - 2458.
- [12] WALES E J, KOLVER E S, THORNE P L, et al. Diurnal variation in ruminal pH on the digestibility of highly digestible perennial ryegrass during continuous culture fermentation [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87:1864 - 1871.
- [13] QIU X, EASTRIDGE M L, GRISWOLD K E, et al. Effects of substrate, passage rate, and pH in continuous culture on flows of conjugated linoleic acid and trans C18:1 [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87: 3473 - 3479.
- [14] 杨舒黎. 饲料添加豆油和胡麻油对奶牛瘤胃细菌及发酵参数的影响 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [15] HRISTOV A N, IVAN M, MC ALLISTER T A. *In vitro* effects of individual fatty acids on protozoal numbers and on fermentation products in ruminal fluid from cattle fed a high concentrate, barley-based diet [J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82:2693 - 2704.
- [16] OLDICK B S, FIRKINS J L. Effects of degree of fat saturation on fiber digestion and microbial protein synthesis when diets are fed twelve times daily [J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78:2412 - 2420.
- [17] CLINQUART A, VAN EENAEME C, DURFRASNE I, et al. Soya oil in the diet of growing-fattening bulls. II. Effects on metabolism in the rumen, apparent digestibility, plasma hormones and metabolites [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 1995, 74:15 - 23.
- [18] ZHANG C M, YI X W, YUAN Z P, et al. Effects of adding mixtures of linoleic acid and linolenic acid with different proportions on rumen fermentation and methanogenesis *in vitro* [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2008, 20(2): 223 - 227.
- [19] 梁松. 饲料添加鱼油和葵花油对瘤胃内纤维素消化以及纤维素酶活性的影响 [D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2008.

Effects of Different Sources of Vegetable Oil on Ruminal Fermentation and Microbial Enzyme Activities in Sheep Fed Diets with Equal Level of Linoleic Acid

CAO Xiuqing¹ LIU Licheng² REN Yanfeng¹ LIU Dasen^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. Animal Husbandry and Veterinary Research Institute, Heilongjiang Academy of Land Reclamation Sciences, Harbin 150038, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of different sources of vegetable oil on ruminal fermentation and microbial enzyme activities in sheep fed diets with equal level of linoleic acid. Four healthy cross-bred male sheep [(Northeast semi-fine wool × Dorset sheep, (40 ± 1) kg)] fitted with cannulas were used in a 4 × 4 Latin square design. The experiment was divided into 4 periods with 16 d per period. The sheep were assigned to a control group (no addition) and 3 experimental groups [group PO (4.00% peanut oil), group CO (2.84% corn oil) and group SO (2.86% soybean oil)]. The linoleic acid level of the 3 experimental groups was equal. The dynamic variations of pH, protozoa count, NH₃-N concentration and volatile fatty acid (VFA) concentration in 24 h as well as microbial enzyme activities in the rumen fluid were determined. The results showed as follows: there were no significant effects of different sources of vegetable oil on the mean of pH, NH₃-N concentration and VFA concentration ($P > 0.05$); the total volatile fatty acid (TVFA) concentration and protozoa count of group PO were significantly lower than those of the control group 1 to 4 h after ingestion ($P < 0.05$); the activities of filter paper cellulase (FPase), carboxymethyl cellulase enzyme (CMCase), glucosidase and pectinase of group PO were significantly decreased 1 to 4 h after ingestion ($P < 0.05$); there was no significant effect of different sources of vegetable oil on xylanase activity ($P > 0.05$). There was no negative influence of different sources of vegetable oil on ruminal fermentation in sheep fed diet with equal level of linoleic acid; supplementation of 4.00% peanut oil decreased the activities of ruminal fiber degradation related enzymes, in which the activities of CMCase, pectinase, FPase and glucosidase were significantly decreased 1 to 4 h after ingestion. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(5):748-754]

Key words: ruminal fermentation; microbial enzyme activity; vegetable oil

* Corresponding author, professor, E-mail: dasenliu@neau.edu.cn