

## 添加大豆油对绵羊瘤胃内容物脂肪酸组成的影响

张玉枝 孔祥浩 朱晓萍 王润莲 郭宝林 贾志海

(中国农业大学 动物科学技术学院,北京 100094)

**摘要** 为研究添加大豆油对绵羊瘤胃内容物的脂肪酸尤其是 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup> 的影响,选用 4 只装有永久性瘤胃瘘管的杂交一代羯羊,进行 4×4 拉丁方试验,大豆油添加水平分别为 0%、2%、4%和 6% (质量分数)。结果表明:1) 随大豆油添加水平增加,瘤胃内容物(DM)中 cis9,trans11-CLA、C18:1<sup>trans11</sup>、C18:0、C18:1<sup>cis9</sup>、C18:2<sup>cis9,12</sup>、总 18-C 脂肪酸、SFA、UFA、MUFA 和 PUFA 的含量(mg/g) 极显著提高( $P < 0.01$ ),4 个处理组中 cis9,trans11-CLA 的含量分别为 0.13、0.26、0.42 和 0.59 mg/g,C18:1<sup>trans11</sup> 的含量分别为 1.27、3.95、8.78 和 13.48 mg/g; 2) 瘤胃内容物总 18-C 脂肪酸中 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup> 的质量比随大豆油添加水平的增加而显著提高( $P < 0.05$ ),4 个处理组中 cis9,trans11-CLA 的质量比分别为 0.95%、0.96%、1.08%和 1.15%,C18:1<sup>trans11</sup> 的质量比分别为 9.66%、15.04%、22.71%和 26.60%; 3) 添加大豆油能够提高瘤胃内 18-C 不饱和脂肪酸的氢化效率( $P < 0.05$ ); 4) 瘤胃内容物中 cis9,trans11-CLA 的含量与 C18:1<sup>trans11</sup> 的含量呈正相关( $P < 0.01$ ),与 C18:2<sup>cis9,12</sup>和 C18:0 的含量呈负相关( $P < 0.01$ )。添加大豆油能够提高瘤胃内容物中 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup> 的含量,改变瘤胃内容物的脂肪酸组成。

**关键词** 大豆油; 瘤胃; 脂肪酸; 绵羊

中图分类号 S 816.42

文章编号 1007-4333(2005)03-0030-05

文献标识码 A

## Effects of soybean oil supplements on fatty acids composition in ruminal contents in sheep

Zhang Yuzhi, Kong Xianghao, Zhu Xiaoping, Wang Runlian, Guo Baolin, Jia Zhihai

(College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract** Four wethers installed with permanent rumen fistula were used to test the effects of dietary supplement with soybean oil on fatty acids of cis9,trans11-CLA and C18:1<sup>trans11</sup> in ruminal contents. A4×4 Latin square designing method was used in this experiment. The wether diets were supplemented with 0, 2, 4, or 6% (dry matter basis) soybean oil. The results showed that 1) the concentrations of cis9,trans11-CLA, C18:1<sup>trans11</sup>, C18:0, C18:1<sup>cis9</sup>, C18:2<sup>cis9,12</sup>, total 18-C, SFA, UFA, MUFA and PUFA in ruminal contents significantly increased with increasing soybean oil addition in the diet ( $P < 0.01$ ). The concentrations of cis9,trans11-CLA in four groups were 0.13, 0.26, 0.42 and 0.59 mg·gDM<sup>-1</sup>, respectively, and C18:1<sup>trans11</sup> 1.27, 3.95, 8.78 and 13.48 mg·gDM<sup>-1</sup>, respectively. 2) The quantities of Cis9,trans11-CLA in ruminal contents with four treatments were about 0.95%, 0.96%, 1.08% and 1.15% of the total 18-C fatty acids respectively. But the proportions of C18:1<sup>trans11</sup> in the total were 9.66%, 15.04%, 22.71% and 26.60% respectively. Both were significantly increased ( $P < 0.05$ ) with increasing the quantity of soybean oil in wether dietary. 3) Soybean oil supplement in wether diet also resulted in a significant increase of biohydrogenation of unsaturated 18-C fatty acids ( $P < 0.05$ ). 4) The concentration of cis9,trans11-CLA was positively and closely correlated with C18:1<sup>trans11</sup> ( $P < 0.01$ ), but negatively with C18:2<sup>cis9,12</sup> and C18:0 ( $P < 0.01$ ). It was indicated that soybean oil supplementation increased concentrations of cis9,trans11-CLA and C18:1<sup>trans11</sup> and changed the fatty acid composition in sheep ruminal contents.

**Key words** soybean oil; rumen; fatty acids; sheep

收稿日期: 2004-12-30

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2002AA241181)

作者简介: 张玉枝,博士研究生;贾志海,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事反刍动物营养与养羊科学研究。

现代医学研究发现:顺式 9,反式 11-共轭亚油酸(cis9,trans11-CLA)具有提高机体免疫、抗心血管疾病、抗癌、抗衰老等多种生物学功能<sup>[1]</sup>,而牛、羊日粮中含有的亚油酸(LA,C18:2<sup>cis9,12</sup>)可以在瘤胃内通过氢化作用产生 cis9,trans11-CLA 和反式 11-十八碳一烯酸(C18:1<sup>trans11</sup>),后者又能够在牛、羊的脂肪和乳腺组织中转化成 cis9,trans11-CLA,共同提高肉和奶中 cis9,trans11-CLA 的含量<sup>[2]</sup>,因此研究提高瘤胃内 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup>的产生量具有重要意义。

研究发现,提高日粮亚油酸水平能够提高奶牛瘤胃内 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup>的产生量<sup>[3]</sup>,提高肉牛日粮亚油酸水平可增加瘤胃内 C18:1<sup>trans11</sup>的产生量,而对 cis9,trans11-CLA 的产生量没有显著影响<sup>[4]</sup>。与亚麻酸相比,亚油酸更能提高绵羊瘤胃内 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup>的产生量<sup>[5]</sup>,但有关日粮亚油酸水平对绵羊瘤胃内二者产生量的影响尚未见报道。亚油酸水平还可能影响瘤胃内容物中其他脂肪酸的组成,大豆油富含亚油酸,本试验旨在研究大豆油添加水平对绵羊瘤胃内脂肪酸尤其是 cis9,trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans11</sup>的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验日粮

参照美国 NRC(1975)绵羊营养需要<sup>[6]</sup>配制试验日粮,营养水平满足试羊的维持需要,精粗比为 3:7,大豆油添加水平分别为 0、2%、4%和 6%(质量分数)(表 1)。

### 1.2 试验动物与饲养管理

选用 4 只装有永久性瘤胃瘘管的杂交一代(小尾寒羊×无角陶赛特)羯羊,体重(39.0±1.0)kg。试羊单栏饲养,干物质日采食量为 1.0 kg,每天 6:00 和 16:30 等量饲喂,先喂粗料,2 h 后饲喂精料,自由饮水。

### 1.3 试验设计

采用 4×4 拉丁方设计,每期 15 d,预试期 12 d,试验期 3 d。试验期第 1 天早(8:00)饲精料后 0、3 和 6 h 通过瘤胃瘘管采集瘤胃内容物,第 2 和 3 天依次延迟 1 h 采样,采集的瘤胃内容物样品于 -20℃ 冷冻保存。

### 1.4 样品分析

瘤胃内容物样品解冻后,将每期每只羊的 9 个样品取等量混合,作为 1 个样品,真空冷冻干燥后,

粉碎过 60 目筛。参考 Folch 等<sup>[7]</sup>的方法提取脂肪酸,采用气相色谱仪(HP6890)测定其组成,测定工作条件:采用 CP-Sil88 毛细色谱柱(100 m),载气为高纯氦气,内标为 C17:0。

表 1 试验日粮组成和营养水平

Table 1 Ingredient and nutrient composition of experimental diets(DM basis)

项 目	日粮组成及 营养成分	大豆油添加率/ %				
		0	2	4	6	
原料成分 质量比/ %	玉米	21.8	19.8	17.8	15.8	
	豆粕	7.5	7.5	7.5	7.5	
	野干草	70.0	70.0	70.0	70.0	
	大豆油	0.0	2.0	4.0	6.0	
	食盐	0.5	0.5	0.5	0.5	
	微量元素 预混料*	0.2	0.2	0.2	0.2	
营养成分 质量比/ %	CP	11.65	11.45	11.24	11.03	
	NDF	52.57	52.18	51.79	51.40	
	ADF	32.02	31.87	31.73	31.58	
	EE	3.05	5.13	7.21	9.28	
	C16:0	2.82	4.57	6.32	8.05	
	C16:1	0.05	0.08	0.10	0.13	
	长链脂肪酸水 平/(mg·g <sup>-1</sup> )	C18:0	0.64	1.30	1.95	2.59
	C18:1	3.80	7.37	10.92	14.45	
	C18:2	6.53	15.13	23.70	32.23	
	C18:3	0.82	1.81	2.80	3.78	

注: \* 每 kg 微量元素预混料含 CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 20 g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 125 g, KI 325 mg, MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 61.5 g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 66 g, CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 200 mg, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 109 mg。

### 1.5 数据统计与分析

数据统计与分析采用 SAS 软件包(The SAS System for Windows V8) STAT 模块中的 ANOVA 程序进行,均值多重比较采用 Duncan 法进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 添加大豆油对绵羊瘤胃内容物中脂肪酸组成的影响

1) 对内容物中脂肪酸含量的影响(表 2)。

随日粮大豆油添加水平的提高,瘤胃内容物中 cis9,trans11-CLA 的含量极显著提高( $P < 0.01$ )(表 2)。亚油酸在瘤胃内的氢化作用为以下途径:C18:2<sup>cis9,12</sup> cis9,trans11-CLA C18:1<sup>trans11</sup> C18:0,亚

油酸水平的提高增加了 cis9,trans11-CLA 的产生量。在高精料日粮中添加玉米油(高油玉米)、大豆油和葵花籽油提高日粮亚油酸水平,对瘤胃内 cis9,trans11-CLA 的产生量没有显著影响<sup>[4,8,9]</sup>,与本试验结果不同,这是因为高精料日粮抑制了瘤胃内亚

油酸的氢化作用。本试验日粮精料水平较低(精粗比 3:7),有利于亚油酸的氢化,说明在低精料日粮中添加大豆油有利于提高瘤胃内容物中 cis9,trans11-CLA 含量。

由于瘤胃内容物中 cis9,trans11-CLA 含量的提

表 2 添加大豆油对绵羊瘤胃内容物中脂肪酸组成的影响

Table 2 Effects of supplying soybean oil in sheep dietary on fatty acids composition in ruminal contents

质量比	脂肪酸	大豆油添加率/ %			
		0	2	4	6
各脂肪酸与总脂肪酸 / (mg · g <sup>-1</sup> )	C16:0	3.67 ±0.40 D	5.15 ±0.25 C	6.48 ±0.53 B	8.88 ±0.32 A
	C18:0	8.75 ±0.42 D	16.92 ±0.64 C	22.32 ±0.39 B	27.55 ±1.31 A
	C18:1 <sup>cis-9</sup>	1.19 ±0.08 D	1.77 ±0.16 C	2.52 ±0.23 B	3.18 ±0.14 A
	C18:1 <sup>trans-11</sup>	1.27 ±0.12 D	3.95 ±0.30 C	8.78 ±1.27 B	13.48 ±1.02 A
	C18:2 <sup>cis-9,12</sup>	1.02 ±0.01 D	1.30 ±0.10 C	1.57 ±0.10 B	1.97 ±0.07 A
	cis9,trans11-CLA	0.13 ±0.02 D	0.26 ±0.04 C	0.42 ±0.04B	0.59 ±0.05 A
	trans10,cis12-CLA	0.03 ±0.01	0.04 ±0.02	0.04 ±0.02	0.05 ±0.03
	C18:3 <sup>cis-9,12,15</sup>	0.16 ±0.04 b	0.18 ±0.02 b	0.21 ±0.03 ab	0.24 ±0.03 a
	C20:0	0.37 ±0.08 c	0.40 ±0.05 c	0.48 ±0.06 b	0.56 ±0.11 a
	C20:1	0.10 ±0.4 c	0.16 ±0.02 c	0.28 ±0.02 b	0.48 ±0.07 a
	C22:0	0.21 ±0.9 d	0.29 ±0.02 c	0.37 ±0.05 b	0.45 ±0.07 a
	C24:0	0.24 ±0.03	0.28 ±0.11	0.34 ±0.12	0.43 ±0.43
	C24:1	0.07 ±0.05	0.08 ±0.07	0.10 ±0.03	0.24 ±0.26
	总 18-C 脂肪酸	13.08 ±0.40 D	26.24 ±1.03 C	38.57 ±2.02 B	50.76 ±1.63 A
	SFA	13.23 ±0.87 D	23.09 ±0.97 C	29.92 ±0.82 B	37.86 ±1.78 A
	UFA	4.51 ±0.26 D	9.63 ±0.48 C	16.63 ±1.82 B	23.99 ±1.46 A
	MUFA	3.17 ±0.23 D	7.81 ±0.46 C	14.40 ±1.68 B	21.09 ±1.23 A
	PUFA	1.34 ±0.05 D	1.83 ±0.09 C	2.24 ±0.14 B	2.91 ±0.22 A
各 18-C 脂肪酸与总 18-C 脂肪酸/ %	C18:0	66.87 ±2.06 a	64.46 ±1.01 a	57.97 ±2.38 b	54.26 ±1.63 c
	C18:1 <sup>cis-9</sup>	9.08 ±0.52 a	6.75 ±0.63 b	6.53 ±0.46 b	6.26 ±0.28 b
	C18:1 <sup>trans-11</sup>	9.66 ±0.85 d	15.04 ±0.54 c	22.71 ±2.34 b	26.60 ±2.30 a
	C18:2 <sup>cis-9,12</sup>	7.78 ±0.17 a	4.95 ±0.26 b	4.07 ±0.06 c	3.89 ±0.03 c
	cis9,trans11-CLA	0.95 ±0.08 c	0.96 ±0.09 c	1.08 ±0.06 b	1.15 ±0.02 a
	trans10,cis12-CLA	0.23 ±0.10 a	0.16 ±0.06 ab	0.11 ±0.06 b	0.10 ±0.05 b
	C18:3 <sup>cis-9,12,15</sup>	1.25 ±0.34 a	0.70 ±0.10 b	0.53 ±0.06 b	0.48 ±0.05 b
各脂肪酸间/ %	C18:1 <sup>trans-11</sup> cis9,trans11-CLA	10.36 ±0.65 c	15.88 ±2.51 b	21.11 ±2.83 a	23.14 ±1.66 a
	UFA:SFA	0.34 ±0.03 d	0.42 ±0.02 c	0.56 ±0.04 b	0.64 ±0.04 a
	MUFA:UFA	0.70 ±0.01 d	0.81 ±0.01 c	0.86 ±0.01 b	0.88 ±0.01 a
	PUFA:UFA	0.30 ±0.01 a	0.19 ±0.01 b	0.14 ±0.01 c	0.12 ±0.01 d
	PUFA:MUFA	0.43 ±0.02 a	0.24 ±0.02 b	0.16 ±0.01 c	0.14 ±0.01 d
	PUFA:SFA	0.10 ±0.01 a	0.08 ±0.01 b	0.08 ±0.01 b	0.07 ±0.01 b

注: 干物质中脂肪酸。SFA 为饱和脂肪酸;UFA 为不饱和脂肪酸;MUF 为单不饱和脂肪酸;PUFA 为多不饱和脂肪酸。同行不同小写字母表示数据间差异显著( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示数据间差异极显著( $P < 0.01$ )。下同。

高, C18:1<sup>trans-11</sup> 含量随大豆油添加水平的提高而极显著提高 ( $P < 0.01$ , 表 2)。在高精料(86%)日粮中添加高油玉米油, 提高了瘤胃内 C18:1<sup>trans-11</sup> 的产生量<sup>[4]</sup>, 与本试验结果一致, 而在高精料(64%~88%)日粮中添加葵花籽油, 对瘤胃内 C18:1<sup>trans-11</sup> 的产生量无显著影响<sup>[9]</sup>, 与本试验结果存在差异, 造成这种差异的原因可能与植物油种类有关。试验结果表明, 在日粮中添加大豆油有利于提高瘤胃内容物中 C18:1<sup>trans-11</sup> 的含量。

随日粮大豆油添加水平的提高, C18:3<sup>cis-9,12,15</sup> 的含量显著升高 ( $P < 0.05$ ), 其他脂肪酸 C16:0、C18:0、C18:1<sup>cis-9</sup>、C18:2<sup>cis-9,12</sup>、总 18-C 脂肪酸、SFA、UFA、MUFA 和 PUFA 的含量极显著提高 ( $P < 0.01$ ), 说明添加大豆油改变了瘤胃内容物中脂肪酸的组成。

2) 对各 18-C 脂肪酸与总 18-C 脂肪酸质量比的影响(表 2)。

随大豆油添加水平的提高, 瘤胃内容物总 18-C 脂肪酸中 cis9, trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans-11</sup> 与总 18-C 脂肪酸的质量比显著提高 ( $P < 0.05$ ), 这与 Piperova 等<sup>[10]</sup>试验结果一致。

瘤胃内容物总 18-C 脂肪酸中 C18:0 的质量比随大豆油添加水平的提高而显著降低 ( $P < 0.05$ ), 说明随大豆油添加水平的提高, 瘤胃内亚油酸的氢

化完全度降低。这是因为 C18:1<sup>trans-11</sup> 向 C18:0 的转化受 C18:2<sup>cis-9,12</sup> 含量的影响, 随 C18:2<sup>cis-9,12</sup> 含量的提高, C18:1<sup>trans-11</sup> 转化为 C18:0 的效率降低<sup>[11]</sup>。

3) 对各种脂肪酸比值的影响(表 2)。

随大豆油添加水平的提高, 瘤胃内容物中 UFA 与 SFA 的质量比和 MUFA 与 UFA 的质量比显著升高 ( $P < 0.05$ ), PUFA 与 UFA 的质量比显著降低 ( $P < 0.05$ )。PUFA 与 SFA 的质量比只在添加大豆油组和未添加大豆油组之间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。

## 2.2 添加大豆油对绵羊瘤胃内 18-C 不饱和脂肪酸氢化效率的影响

添加大豆油显著提高了亚油酸和其他 18-C 不饱和脂肪酸在瘤胃内的氢化效率 ( $P < 0.05$ ), 但在添加 4%大豆油组和添加 6%大豆油组之间没有显著差异 ( $P > 0.05$ , 表 3, 氢化效率计算参考 Wu 等<sup>[12]</sup>的方法进行)。高精料(86%)日粮中添加玉米油, 提高了 18-C 不饱和脂肪酸的氢化效率<sup>[4]</sup>, 与本试验结果一致; 而在高精料(64%~88%)日粮中添加葵花籽油对 18-C 不饱和脂肪酸的氢化效率没有显著影响<sup>[9]</sup>, 与本试验结果存在差异。造成这种差异的原因以及此差异是否与日粮中植物油的添加种类有关, 还需进一步研究。

表 3 添加大豆油对绵羊瘤胃内 18-C 不饱和脂肪酸的氢化效率

Table 3 Effects of dietary soybean oil addition on biohydrogenation of individual and overall unsaturated 18-C fatty acids in sheep ruminal contents

脂肪酸	大豆油添加率/ %			
	0	2	4	6
C18:1 <sup>cis-9</sup>	68.24 ± 1.83 b	75.14 ± 2.30 a	75.61 ± 1.70 a	76.42 ± 1.06 a
C18:2 <sup>cis-9,12</sup>	85.97 ± 0.38 c	91.64 ± 0.45 b	93.21 ± 0.20 a	93.67 ± 0.08 a
C18:3 <sup>cis-9,12,15</sup>	82.29 ± 2.49 c	90.07 ± 1.37 b	92.59 ± 0.90 ab	93.28 ± 0.70 a
总 18-C UFA	80.09 ± 0.81 c	86.71 ± 0.85 b	88.16 ± 0.53 a	88.79 ± 0.36 a

## 2.3 添加大豆油条件下绵羊瘤胃内容物中 18-C 脂肪酸的相关性(简单相关)分析

添加大豆油条件下, 瘤胃内容物中 cis9, trans11-CLA 的含量与 C18:1<sup>trans-11</sup> 的含量呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ ), 与 C18:2<sup>cis-9,12</sup> 和 C18:0 的含量呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ , 表 4), 此结果与 Beaulieu 等<sup>[8]</sup>试验结果不一致, 原因是其试验中采用高精料(92%)日粮, 抑制了瘤胃内亚油酸的氢化作用。

## 3 结论

粗料日粮中添加大豆油能够提高瘤胃内容物中 cis9, trans11-CLA 和 C18:1<sup>trans-11</sup> 的含量及其与总 18-C 脂肪酸的质量比, 提高 C16:0、C18:0、C18:1<sup>cis-9</sup>、C18:2<sup>cis-9,12</sup>、总 18-C 脂肪酸、SFA、UFA、MUFA 和 PUFA 的含量及 UFA 与 SFA 和 PUFA 与 SFA 的质量比, 提高 18-C 不饱和脂肪酸在瘤胃内的氢化效率, 改变瘤胃内容物脂肪酸的组成。

表4 添加大豆油条件下绵羊瘤胃内容物中18-C脂肪酸的相关性(简单相关)分析

Table 4 Pearson correlation coefficients for 18-C fatty acids (and probability of greater r) in ruminal contents of sheep fed with soybean oil

脂 肪 酸	C18:0	C18:1 <sup>cis9</sup>	C18:1 <sup>trans11</sup>	C18:2 <sup>cis9,12</sup>	cis9,trans11-CLA
C18:0	-	-	-	-	-
C18:1 <sup>cis9</sup>	0.66**	-	-	-	-
C18:1 <sup>trans11</sup>	-0.97**	-0.75**	-	-	-
C18:2 <sup>cis9,12</sup>	0.79**	0.94**	-0.88**	-	-
cis9,trans11-CLA	-0.74**	-0.48**	0.76**	-0.64**	-
trans10,cis12-CLA	0.67**	0.56*	-0.70**	0.65**	-0.28

注: \*表示相关性显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示相关性极显著( $P < 0.01$ )

## 参 考 文 献

- [1] Chin S F, Lui W, Storkson J M, et al. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens[J]. J Food Comp Anal, 1992, 5:185-197
- [2] Bessa R J B, Santos-Silva J, Ribeiro J M R, et al. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers[J]. Live Prod Sci, 2000, 63:201-211
- [3] Lock A L, Garnsworthy P C. Independent effects of dietary linoleic and linolenic acid on the conjugated linoleic acid content of cow's milk[J]. Anim Sci, 2002, 74:163-176
- [4] Duckett S K, Andrae J G, Owens F N. Effect of high-oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets[J]. J Anim Sci, 2002, 80:3353-3360
- [5] An B K, Kang C W, Izumi Y, et al. Effects of dietary fat sources on occurrences of conjugated linoleic acid and trans fatty acids in rumen contents[J]. Asian-Aust J Anim Sci, 2003, 16:222-226
- [6] NRC. Nutrient Requirements of Sheep[M]. 5th Re ed. Washington D C: National Academy of Science, 1975.
- [7] Folch J, Lees M, Stanley G H S. A simple method for the isolation and purification of lipids from animal tissues[J]. J Biol Chem, 1957, 226:497-509
- [8] Beaulieu A D, Drackley J K, Merchen N R. Concentrations of conjugated linoleic acid (cis-9,trans-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil[J]. J Anim Sci, 2002, 80:847-861
- [9] Sackmann J R, Duckett S K, Gillis M H, et al. Effects of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets[J]. J Anim Sci, 2003, 81:3174-3181
- [10] Piperova L B, Teter B B, Sampugna J, et al. Dietary milk fat depression and trans-18:1 and CLA isomer distribution in milk of lactating cows[J]. Anim Sci, 2000, 78(suppl):227(abstr)
- [11] Harfoot C G, Noble R C, Moore J H. Factors influencing the extent of biohydrogenation of linoleic acid by rumen microorganisms in vitro[J]. J Sci Food Agric, 1973, 24:961-970
- [12] Wu Z, Ohajuruka O A, Palmquist D L. Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows[J]. J Dairy Sci, 1991, 74:3025-3034

49-50