

杨致玲,杨文强,张拴林,等. 过瘤胃脂肪对体外瘤胃饲料养分降解率的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(16):167-170.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.16.037

过瘤胃脂肪对体外瘤胃饲料养分降解率的影响

杨致玲, 杨文强, 张拴林, 刘 强, 郭 刚

(山西农业大学动物科技学院, 山西太谷 030801)

摘要:采用 3×4 两因素设计,在饲料中分别设置低、中、高 3 个蛋白质水平和 0%、3%、6%、9% 的过瘤胃脂肪含量,共形成 12 组饲料,蛋白质水平/过瘤胃脂肪含量分别为:低/0% (第 1 组)、低/3% (第 2 组)、低/6% (第 3 组)、低/9% (第 4 组)、中/0% (第 5 组)、中/3% (第 6 组)、中/6% (第 7 组)、中/9% (第 8 组)、高/0% (第 9 组)、高/3% (第 10 组)、高/6% (第 11 组)、高/9% (第 12 组)。通过双外流连续培养系统,模拟人工瘤胃,对 12 组饲料进行消化降解,测定过瘤胃脂肪对饲料养分降解率的影响。试验结果如下:第 9 组粗蛋白降解率极显著高于第 4、第 5、第 6、第 7、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.01$),显著高于第 1、第 3、第 8 组 ($P < 0.05$);第 4 组粗脂肪降解率与第 1、第 2、第 5、第 9、第 10、第 11、第 12 组有极显著差异 ($P < 0.01$),与第 6 组差异显著 ($P < 0.05$),第 3、第 7、第 8 组粗脂肪降解率显著高于第 1、第 2、第 5、第 9、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.05$);第 9 组无氮浸出物降解率极显著高于第 4、第 6 组 ($P < 0.01$),显著高于第 1、第 2、第 3、第 5、第 7、第 8、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.05$),第 1 组显著高于第 4、第 6 组 ($P < 0.05$);有机物降解率第 9 组极显著高于第 3、第 4、第 5、第 6、第 8、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.01$),显著高于第 2、第 7 组 ($P < 0.05$);中性洗涤纤维降解率第 1、第 9 组极显著高于第 5、第 6、第 8、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.01$),显著高于第 7 组 ($P < 0.05$),第 2、第 3、第 4 组显著高于第 5、第 6、第 8、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.05$);粗纤维降解率第 1 组极显著高于第 9、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.01$),显著高于第 3、第 5、第 6、第 8 组,第 2、第 3、第 4、第 5、第 6、第 7、第 8 组显著高于第 9、第 10、第 11、第 12 组 ($P < 0.05$);最佳添加量为中蛋白质水平下的 6% 添加量。

关键词:过瘤胃脂肪;连续培养;瘤胃降解率;养分表观消化率

中图分类号: S823.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)16-0167-04

在饲料中添加植物油可以满足牛对能量浓度不断提高的需求,不仅能避免泌乳前期体质量快速下降对其健康造成的影响^[1],而且能提高乳中多不饱和脂肪酸的浓度^[2-3]。添加富含不饱和脂肪酸的亚麻籽,可提高牛肉内脂肪含量和显著改善肌肉及脂肪的色泽,提高牛肉的风味^[4],使牛肉中 $\omega-3$ 脂肪酸增加^[5],还可提高皮下和肌肉内脂肪的抗氧化能力^[6]。在基础饲料中添加 3.05%、不同脂肪源的棕榈油和玉米油,秸秆中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 的瘤胃降解率均有降低的趋势,且玉米油组的 NDF 和 ADF 的瘤胃降解率均低于棕榈油组^[7]。添加 4% 亚麻油和豆油对瘤胃发酵及主要微生物有抑制作用^[8];添加 4.0% 亚麻油、棕榈油和相应数量的全脂大豆均降低了瘤胃原虫数量,亚麻油组有机物和 NDF 的表观消化率均显著下降^[9],植物油中某些脂肪酸对瘤胃微生物有一定的毒害作用,尤其是亚麻酸会降低原虫和甲烷菌数量^[10]。过瘤胃脂肪可以避免对瘤胃发酵及主要微生物的抑制作用,近年来达到广泛的应用。但在国内外得到广泛应用的过瘤胃产品是饱和脂肪产品,这些饱和脂肪最终沉积于产品中并进入餐桌,影响着人们的健康,同时也影

响着养牛业的经济效益和可持续发展,随着人们保健意识的增强,生产具有多不饱和脂肪酸的牛奶和牛肉产品已经成为一种趋势。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用 3×4 两因素设计,培养底物饲料蛋白 3 个添加水平作为处理,每种饲料添加 4 个不同梯度脂肪水平,共形成 12 组饲料,蛋白质水平/过瘤胃脂肪含量分别为:低/0% (第 1 组)、低/3% (第 2 组)、低/6% (第 3 组)、低/9% (第 4 组)、中/0% (第 5 组)、中/3% (第 6 组)、中/6% (第 7 组)、中/9% (第 8 组)、高/0% (第 9 组)、高/3% (第 10 组)、高/6% (第 11 组)、高/9% (第 12 组),详见表 1。每种饲料 3 个发酵罐进行试验,用 12 个发酵罐,分 3 批进行,并重复进行 1 次。试验于 2015 年 3—5 月在山西农业大学动物科技学院动物营养代谢调控实验室进行。

表 1 过瘤胃脂肪添加量试验设计

饲料蛋白水平	过瘤胃脂肪添加水平			
	0%	3%	6%	9%
低(营养需要的 85%)	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组
中(营养需要的 100%)	第 5 组	第 6 组	第 7 组	第 8 组
高(营养需要的 115%)	第 9 组	第 10 组	第 11 组	第 12 组

1.2 瘤胃液提供动物

选择 2 头装有永久性瘤胃瘘管的纯种晋南黄牛阉牛作为瘤胃液提供动物。根据《肉牛营养需要与饲养标准》^[11]及相

收稿日期:2019-04-24

基金项目:山西省科技攻关项目(编号:20140311022-2);山西现代农业牛产业技术体系(编号:17-05)。

作者简介:杨致玲(1965—),女,山西太谷人,高级实验师,主要从事反刍动物营养与饲料研究。E-mail:1652109648@qq.com。

通信作者:张拴林,博士,教授,主要从事反刍动物营养研究。

E-mail:shuanlinzhang@126.com。

关资料^[12]配制精粗比 50∶50、粗蛋白含量 9.5% 的供体牛日粮(表 2)。粗饲料为青贮玉米秸秆。每日饲喂 2 次(08:00、16:00),自由饮水。预饲 7 d 后开始采集瘤胃液。于晨饲前直接通过瘘管采集瘤胃内容物,4 层纱布过滤后收集于密封充满 CO₂ 的锥形瓶内,在 39 ℃ 恒温 and 厌氧条件转移至发酵罐进行连续培养,转移时注意要不断振荡以保证发酵罐内的瘤胃液均匀同质。

表 2 基础饲粮组成及营养水平

饲粮组成	低蛋白饲粮 (%)	中蛋白饲粮 (%)	高蛋白饲粮 (%)
玉米	33.60	33.60	32.60
麸皮	3.00	3.00	2.00
大豆油	1.50	1.50	1.50
豆粕	2.00	2.00	4.00
棉粕	4.00	6.00	7.00
石粉	0.80	0.80	0.80
食盐	0.50	0.50	0.50
预混料	0.10	0.10	0.10
沸石粉	4.00	2.00	1.00
小苏打	0.50	0.50	0.50
玉米秸秆	50.00	50.00	50.00
合计	100.00	100.00	100.00
营养水平			
干物质(%)	88.36	90.15	91.09
综合净能(MJ/kg)	5.57	5.69	5.76
粗蛋白质(%)	8.50	9.50	10.50
钙(%)	0.36	0.36	0.37
磷(%)	0.18	0.22	0.24

注:预混料可为 1 kg 全价料提供维生素 A 3 000 国际单位、维生素 D 275 国际单位、铁 30 mg、铜 8 mg、锌 30 mg、锰 40 mg、碘 0.25 mg、钴 0.1 mg。综合净能根据原料组成计算所得,其余为实测值。

1.3 连续培养日粮制备

将饲料原料粉碎并过 10 mm 筛,按表 2 中的 3 种饲料配方混合,加入少量水充分混匀,使用平模颗粒机(型号 TKL-5,购自上海嘉乐饲料机械厂)制成长 1.0~3.0 cm、直径 4 mm 颗粒饲料。待饲料水分下降到 13% 以下,将其密封保存备用。

1.4 缓冲液配方

采用 Slyter 的缓冲液配方^[13],使用 60% 的浓缩缓冲液和 40% 的蒸馏水配制而成,并加入半胱氨酸盐和尿素(表 3)。缓冲液制备方法:取 A 标准缓冲浓缩液 2 400 mL 加入到容器中,加蒸馏水 17 435 mL,B 矿物盐浓缩液 120 mL,C 尿素溶液 40 mL 以及 5 g 结晶半胱氨酸盐酸盐,充分混匀后通入高纯 CO₂ 饱和。每 20 L 缓冲液中 Na₂HPO₄ 含量为 44.4 g、NaHCO₃ 含量为 117.6 g、KCl 含量为 6.8 g、NaCl 含量为 5.6 g、CaCl₂·2H₂O 含量为 0.6 g、MgCl₂·6H₂O 含量为 1.5 g、10 g 尿素以及 5.0 g 半胱氨酸盐酸盐。

1.5 连续培养装置设置

每日投料量(以干物质计)按发酵罐有效容积的 5% 来计算,投料量为每次 12 g,投料间隔为 6 h,每天的喂料量为 48 g,每种日粮设 3 个发酵罐作为重复。保持发酵罐处于厌

氧状态,缓冲液流入量为 1.56 mL/min,固相和液相食糜外流速度分别为 4%/h、8%/h。试验设定的稀释率为 12%/h,连续培养期为 6 d,第 4、第 5、第 6 天为采样期。

表 3 缓冲浓缩液配方

浓缩液	组分	用量 (g/L)
A 标准缓冲浓缩液	Na ₂ HPO ₄	18.5
	NaHCO ₃	49.0
B 矿物盐浓缩溶液	KCl	57.0
	NaCl	47.0
	MgCl ₂ ·6H ₂ O	12.8
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	5.3
C 尿素浓缩溶液	尿素	250.0
D 半胱氨酸盐酸盐	以结晶形式添加	

1.6 样品采集、制备

第 4、第 5、第 6 天第 1 次投料后 3 h,将搅拌系统关闭,用注射器采集瘤胃液,并且测定发酵罐的 pH 值。记录每天的固、液相食糜体积,按 2.5% 比例加入 35% 甲醛溶液,充分混匀。将同一发酵罐的食糜保存于质量已知的收集瓶中,密封于 4 ℃ 下保存。培养结束后,将 3 d 收集的各发酵罐固、液相食糜进行充分振荡混匀后迅速取出约 2 500 mL 的发酵液 4 ℃、22 000 r/min 离心 10 min,弃去上清液,用蒸馏水洗涤残渣,重复 3 次后,以 14 000 r/min 再次离心保留饲料残渣。将全部饲料残渣冷冻干燥,处理 3 d 后,记录各发酵罐样本总质量。

1.7 样品分析与结果计算

饲料及食糜常规成分测定采用国标法测定饲料和发酵食糜的干物质(DM)、粗灰分(ASH)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、粗纤维(CF)、中性洗涤纤维(NDF)含量,水分含量用恒温(105 ℃)干燥法(GB 5009.3—2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》)测定,粗灰分含量用马福高温(550 ℃)灼烧法(GB 5009.4—2010《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》)测定,粗蛋白含量用凯氏定氮法(GB 5009.5—2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》)测定,粗脂肪含量用索氏抽提法(GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》)测定,中性洗涤纤维含量采用 van Soest 等的方法测定^[14]。并计算养分的表观消化率。

养分表观消化率=(饲料原样某养分量-食糜中该养分排出量)/饲料原样某养分量×100%。

1.8 数据处理与分析

使用 Excel 2010 软件整理原始数据,然后采用 SAS 9.1 统计软件进行 2×3 因子方差分析,采用 Duncan's 法进行平均数比较。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质水平下脂肪添加水平对饲料粗蛋白降解率的影响

由表 4 可以看出,第 9 组粗蛋白降解率极显著高于第 4、第 5、第 6、第 7、第 10、第 11、第 12 组($P<0.01$),显著高于第 1、第 3、第 8 组($P<0.05$),与第 2 组差异不显著。

表 4 不同蛋白和脂肪水平对粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物降解率的影响

%

组别	粗蛋白质降解率	粗脂肪降解率	无氮浸出物降解率
第 1 组	37.09 ± 6.56bc	54.38 ± 3.26c	57.57 ± 9.77b
第 2 组	46.14 ± 4.09ab	74.17 ± 3.94c	52.66 ± 3.75bc
第 3 组	39.93 ± 9.13bc	81.37 ± 2.41ab	52.44 ± 6.85bc
第 4 组	33.15 ± 4.02c	85.45 ± 1.03a	45.09 ± 5.03c
第 5 组	30.14 ± 7.69c	63.29 ± 8.92c	51.03 ± 3.34bc
第 6 组	21.85 ± 1.59c	79.13 ± 3.26bc	46.88 ± 1.25c
第 7 组	33.01 ± 9.42c	84.46 ± 1.95ab	53.06 ± 6.62bc
第 8 组	39.80 ± 9.84bc	83.31 ± 4.94ab	49.15 ± 4.87bc
第 9 组	50.18 ± 4.33a	66.46 ± 6.51c	69.56 ± 2.88a
第 10 组	26.35 ± 13.62c	66.21 ± 3.64c	52.51 ± 6.56bc
第 11 组	28.23 ± 11.01c	76.71 ± 1.56c	57.36 ± 4.12b
第 12 组	33.53 ± 1.65c	76.64 ± 2.07c	55.33 ± 3.20bc

注:同列数据后相邻字母表示差异显著($P < 0.05$),相间字母表示差异极显著($P < 0.01$),相同字母表示差异不显著。表 5 同。

2.2 不同蛋白质水平下脂肪添加水平对饲料脂肪降解率的影响

由表 4 可以看出,第 4 组与第 1、第 2、第 5、第 9、第 10、第 11、第 12 组有极显著差异($P < 0.01$),与第 6 组差异显著($P < 0.05$),与第 3、第 7、第 8 组差异不显著;第 3、第 7、第 8 组显著高于第 1、第 2、第 5、第 9、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.05$),与第 6 组差异不明显。

2.3 不同蛋白质水平下脂肪添加水平对体外瘤胃无氮浸出物降解率的影响

由表 4 可以看出,第 9 组无氮浸出物降解率极显著高于第 4、第 6 组($P < 0.01$),显著高于第 1、第 2、第 3、第 5、第 7、第 8、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.05$)。第 1 组显著高于第 4、第 6 组($P < 0.05$)。

2.4 不同蛋白质水平下脂肪添加水平对饲料有机物降解率的影响

由表 5 可以看出,第 9 组有机物降解率极显著高于第 3、第 4、第 5、第 6、第 8、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.01$),显著高于第 2、第 7 组($P < 0.05$),与第 1 组差异不显著。

表 5 不同蛋白和脂肪水平对有机物、中性洗涤纤维和粗纤维降解率的影响

%

组别	有机物降解率	中性洗涤纤维降解率	粗纤维降解率
第 1 组	56.27 ± 6.12ab	52.03 ± 6.96a	61.37 ± 2.53a
第 2 组	52.23 ± 4.02bc	47.91 ± 4.00ab	54.61 ± 4.74ab
第 3 组	49.33 ± 6.42c	45.55 ± 7.03ab	49.47 ± 8.09b
第 4 组	47.33 ± 4.71c	47.96 ± 5.88ab	56.96 ± 5.77ab
第 5 组	48.67 ± 5.60c	32.44 ± 7.45c	49.75 ± 5.53b
第 6 组	45.75 ± 1.34c	33.37 ± 1.79c	50.89 ± 2.74b
第 7 组	52.13 ± 3.1bc	42.92 ± 4.14bc	57.22 ± 3.97ab
第 8 组	47.35 ± 5.84c	34.58 ± 6.46c	49.32 ± 5.67b
第 9 组	59.83 ± 2.89a	50.75 ± 4.33a	33.94 ± 6.31c
第 10 组	40.27 ± 2.89c	27.06 ± 8.53c	12.07 ± 7.72c
第 11 组	43.71 ± 3.83c	34.09 ± 4.80c	13.34 ± 7.28c
第 12 组	37.97 ± 3.28c	37.09 ± 1.88c	6.86 ± 1.79c

2.5 不同蛋白质水平下脂肪添加水平对 NDF 降解率的影响

由表 5 可以看出,第 1、第 9 组极显著高于第 5、第 6、第 8、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.01$),显著高于第 7 组($P < 0.05$),与第 2、第 3、第 4 组之间差异不显著;第 2、第 3、第 4 组显著高于第 5、第 6、第 8、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.05$),与第 7 组差异不显著。

2.6 不同蛋白质水平下脂肪添加水平对体外瘤胃粗纤维的影响

由表 5 可以看出,第 1 组极显著高于第 9、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.01$),显著高于第 3、第 5、第 6、第 8 组($P < 0.05$),与第 2、第 4、第 7 组差异不显著。第 2、第 3、第 4、第 5、第 6、第 7、第 8 组显著高于第 9、第 10、第 11、第 12 组($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 日粮添加过瘤胃脂肪对粗蛋白降解率的影响

随着蛋白质水平的提高,粗蛋白的降解率逐渐下降,这显然是因为随着粗蛋白质水平提高,氮在瘤胃中的释放速率也随着提高,但在一定的挥发性脂肪酸(VFA)水平下,降解 NDF 的瘤胃微生物的繁殖与活力受到影响,如果由此推断的话,高蛋白质组应该比中蛋白质组低,但本试验结果为高蛋白质组比中蛋白质组高,其原因可能是随机误差引起的。

3.2 日粮添加过瘤胃脂肪对粗纤维降解率的影响

在 3 种粗蛋白质水平下,随着过瘤胃脂肪添加水平的提高,粗纤维的降解率几乎没有受到影响,但随着饲料粗蛋白质

水平的提高,粗纤维的降解率逐步降低,以低粗蛋白质水平下最高,而在高粗蛋白质水平下则最低。

3.3 日粮添加过瘤胃脂肪对粗脂肪降解率的影响

以前资料反复证明,饲料粗脂肪水平超过 6% 会显著降低粗纤维的瘤胃降解率和表观消化率。由于本试验添加的为笔者所在课题组自己加工的过瘤胃脂肪,对降解粗纤维瘤胃微生物影响很小。而随着粗蛋白质水平的提高,粗纤维的降解率下降的原因,可能是随着粗蛋白质水平提高,氮在瘤胃中的释放速率也随着提高,但在一定的 VFA 水平下,降解粗纤维的瘤胃微生物的繁殖与活力受到影响。

本试验结果表明,饲料粗脂肪的降解率明显大于其他养分的降解率,也大于消化道全收粪法的数值;在同一蛋白质水平下,随着过瘤胃脂肪添加量增加,粗脂肪降解率呈二项分布;在不同粗蛋白质水平下,以中蛋白质组脂肪降解率最高,其次为低蛋白质组,而高蛋白质组的最低。其原因可能是:一,饲料养分中粗脂肪的含量较低;二,瘤胃微生物可能有脂肪的内源合成;三,是过瘤胃脂肪的作用,因为过瘤胃脂肪一般是在瘤胃中降解率很低。至于为什么在粗蛋白质水平较高情况下,粗脂肪降解率下降的原因还有待进一步探索。

3.4 日粮添加过瘤胃脂肪对中性洗涤纤维降解率的影响

本试验中高蛋白组(第 9 组至第 12 组)、中蛋白组(第 5 组至第 8 组)和低蛋白组(第 1 组至第 4 组)的 NDF 降解率分别为 37.25%、35.82%、48.36%,提高饲料粗蛋白质水平降低了 NDF 降解率,这可能是随着粗蛋白质水平提高,氮在瘤胃中的释放速率也随着提高,但在一定的 VFA 水平下,降解 NDF 的瘤胃微生物的繁殖与活力受到影响。

3.5 日粮添加过瘤胃脂肪对无氮浸出物降解率的影响

无氮浸出物的主要成分是可溶性的糖类、淀粉等,是瘤胃可发酵有机物的主要成分,只有瘤胃可发酵有机物和降解的蛋白质相匹配,才能合成瘤胃菌体蛋白和维持瘤胃微生物生长和繁殖。本试验中高蛋白质组的瘤胃 pH 值最低,和无氮浸出物较高的降解率(58.69%)相呼应。

3.6 日粮添加过瘤胃脂肪对有机物降解率的影响

随着蛋白质和过瘤胃脂肪水平的提高,本试验中有机物的降解率逐渐下降。这是因为随着蛋白质水平的提高,粗纤维、粗蛋白和中性洗涤纤维的降解率显著下降,虽然高蛋白水平下无氮浸出物的降解率显著提高,但不足以弥补前 3 种养分降解率的下降。

4 结论

试验结果表明,不同的饲料蛋白质和过瘤胃脂肪添加水平对瘤胃发酵、粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物、粗纤维、中性洗涤纤维和有机物降解率的影响显著;在不同蛋白质和不同过瘤胃脂肪添加水平下,综合对体外瘤胃发酵、无氮浸出物和粗纤维降解率的影响,在中等蛋白质水平(9.5%)和添加 6% 过瘤胃脂肪水平下的降解率最高。

参考文献:

- [1] 莫放. 养牛生产学[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社, 2010:219-222.
- [2] Piperova L S, Teter B B, Bruckental I, et al. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are related in lactating dairy cows fed a milk fat-depressing diet[J]. Journal of Nutrition, 2000, 130(10): 2568-2574.
- [3] Piperova L S, Sampugna J, Teter B B. Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid(CLA) isomers indicate postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9-containing CLA in lactating dairy cows[J]. Journal of Nutrition, 2002, 132(6): 1235-1241.
- [4] Barahona M, Olleta J L, Sañudo C, et al. Effects of whole linseed and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets on beef quality[J]. Animal, 2016, 10(4): 709-717.
- [5] Raes K, Balcaen A, Claeyes E, et al. Effect of duration of feeding diet rich in n-3 PUFA to Belgian Blue double-muscled young bulls, on the incorporation of long-chain n-3 and n-6 PUFA in the phospholipids and triglycerides of the longissimus thoracis [C]// Roberto C, Giovanni P. Proceeding of the 48th International Congress of Meat Science and Technology. 2002, 2: 724-725.
- [6] Ladeira M M, Santarosa L C, Chizzotti M L, et al. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 597-605.
- [7] 孙志伟, 单安山, 李文博. 日粮中添加棕榈油、玉米油对奶牛瘤胃发酵的影响[J]. 中国奶牛, 2010, 192(12): 12-15.
- [8] 杨舒黎, 王加启, 胡志勇, 等. 日粮添加豆油和胡麻油对肉牛瘤胃发酵及主要微生物数量的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2316-2322.
- [9] Fiorentini G, Carvalho I P C, Messana J D, et al. Effect of lipid sources with different fatty acid profiles on intake, nutrient digestion and ruminal fermentation of feedlot nellore steers [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2015, 28(11): 1583-1591.
- [10] 张春梅. 植物油及十八碳不饱和脂肪酸对瘤胃甲烷生成及微生物生态的影响[D]. 杭州:浙江大学, 2008.
- [11] 冯仰廉. 肉牛营养需要和饲养标准[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社, 2000.
- [12] N R C. Nutrient requirements of beef cattle [M]. 7th ed. Washington D C: National Academy Press, 1996.
- [13] Slyter L L. Buffers used in the artificial rumen [C]// Continuous Culture Fermenters: Frustration or Fermentation. Chazy NY: Northeast ADSA-ASAS Regional Meeting, 1990: 9.
- [14] van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10): 3583-3597.