

莫能菌素和吐温 80 对生长期草原红牛瘤胃发酵特性及甲烷排放的影响

香艳¹ 杨华明² 张国梁² 班志彬¹ 魏炳栋² 赵玉民^{1*}

(1. 吉林农业大学动物科学技术学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 本试验旨在研究莫能菌素和吐温 80 对生长期草原红牛瘤胃发酵特性及甲烷排放的影响。选择 17 月龄、体重相近[(276 ± 18) kg] 的生长期草原红牛公牛 8 头, 采用 4 × 4 拉丁方试验设计, 试验牛随机分为 4 组, 每组 2 头。分别饲喂基础饲料以及在基础饲料中分别添加 0.36 g/d 莫能菌素、1.75 g/d 吐温 80、0.36 g/d 莫能菌素 + 1.75 g/d 吐温 80 的试验饲料。结果表明: 饲料中添加莫能菌素能极显著增加草原红牛瘤胃液总挥发性脂肪酸浓度与丙酸比例 ($P < 0.01$), 增重 1 kg 的甲烷排放量降低了 31.89%; 饲料中添加吐温 80 能增加草原红牛瘤胃液总挥发性脂肪酸浓度和丙酸比例, 但差异不显著 ($P > 0.05$), 增重 1 kg 的甲烷排放量降低了 22.59%; 饲料中联合添加莫能菌素和吐温 80 的效果没有比分别添加二者的效果增强。因此, 饲料中分别添加莫能菌素或吐温 80 均能促进草原红牛瘤胃发酵, 并显著降低单位增重的甲烷排放量, 有利于提高饲料养分的消化利用效率。

关键词: 莫能菌素; 吐温 80; 草原红牛; 瘤胃发酵; 甲烷排放

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)11-2675-07

甲烷是位于二氧化碳之后的第二大温室气体, 化学性质稳定, 难于降解代谢, 并且还是反刍动物饲料能量损失的重要途径之一。反刍动物产生的甲烷大部分来源于瘤胃发酵, 由于不可能绝对消除瘤胃发酵产生的甲烷, 因此, 利用营养调控技术合理有效地控制和减少瘤胃甲烷的生成, 不仅能提高饲料利用率, 节约生产成本, 还能减轻甲烷对大气层的破坏, 获得环境和经济的双重收益。

草原红牛是以英国短角牛为父本, 蒙古牛为母本经过级进杂交和横交固定培育而成的我国第 1 个肉乳兼用型的优良品种, 1985 年通过国家验收, 正式定名为中国草原红牛, 后期通过导入利木赞血液, 形成了肉用群体。莫能菌素是一类畜禽专用聚醚类离子载体抗生素类药物, 研究表明, 莫能菌素影响反刍动物瘤胃内能量代谢, 改善瘤胃

发酵^[1], 降低乙酸/丙酸, 减少甲烷生成^[2], 提高蛋白质消化率^[3], 提高犊牛日增重^[4], 因此具有提高反刍动物饲料利用率和促进生长的作用。吐温 80 是一种非离子型表面活性剂, 其作用为降低溶剂表面张力, 改变体系界面状态, 产生润湿或反润湿、乳化或破乳、分散或凝集、起泡或消泡以及增溶等, 在食品加工中被广泛作为添加剂使用, 添加在动物饲料中通常被认为是安全的。根据以往报道, 吐温 80 对反刍动物的影响多集中在其对瘤胃功能的影响上, 主要有增加瘤胃纤维素酶、木聚糖酶和淀粉酶的活力^[5], 促进牛链球菌、反刍月形单胞菌、溶纤维丁酸杆菌、黏液真杆菌、埃氏巨球形菌和产琥珀酸丝状杆菌的生长^[6], 低浓度吐温 80 对真菌有营养作用^[7], 提高瘤胃内总挥发性脂肪酸 (TVFA) 浓度和反刍动物饲料干物质降解

收稿日期: 2013-05-13

基金项目: 国家肉牛牦牛产业技术体系 (CARS-38)

作者简介: 香艳 (1987-), 女, 内蒙古阿拉善盟人, 硕士研究生, 研究方向为反刍动物营养。E-mail: 948215734@qq.com

* 通讯作者: 赵玉民, 研究员, 博士生导师, E-mail: zhaoym-02-12@vip.163.com

率^[8]。因此,吐温 80 有可能作为一种非离子型表面活性剂应用于反刍动物生产,其作用需要进一步探究。本试验在精料中分别添加莫能菌素、吐温 80 以及联合添加二者,研究其对草原红牛瘤胃发酵特性及甲烷排放的影响,为莫能菌素和吐温 80 在草原红牛生产中的有效利用及提高反刍动物饲料利用效率提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物与试验饲料

本试验选用吉林省农业科学院畜牧分院试验牛场选择 17 月龄、体重相近 $[(276 \pm 18) \text{ kg}]$ 的生长期草原红牛公牛 8 头。基础饲料参照我国《肉牛饲养标准》(NY/T 815—2004) 配制,由精料和羊草组成,精粗比 40:60,精料组成及营养水平见表 1。

表 1 精料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the concentrate (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	40.40
豆粕 Soybean meal	15.00
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.50
石粉 Limestone	1.50
食盐 NaCl	1.10
预混料 Premix	1.00
糖浆 Syrup	1.50
玉米麸 Corn bran	15.00
糖蛋白颗粒 Glycoprotein granule	8.00
玉米胚芽粕 Corn germ meal	15.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
净能 $\text{NE}/(\text{MJ}/\text{kg})$	2.81
粗蛋白质 CP	17.47
钙 Ca	0.98
磷 P	0.76

预混料为每千克精料提供 The premix provided the following per kg of the concentrate: CuSO_4 118 mg, MnSO_4 126 mg, ZnSO_4 453 mg, FeSO_4 336 mg, 1% CoCl_2 42 mg, 1% Na_2SeO_3 105 mg, 杆菌肽锌 bacitracin Zn 630 mg, Na_2SO_4 2 099 mg, 1% KI 42 mg, VA 18 900 IU, VD_3 3 780 IU, VE 37.8 IU, VK_3 5.04 mg, VB_1 3.78 mg, VB_2 10.08 g, VB_6 3.78 mg, VB_{12} 0.037 8 mg, 烟酸 nicotinic acid 37.8 mg, 泛酸 pantothenic acid 25.2 mg, 叶酸 folic acid 1.512 mg, 生物素 biotin 0.252 mg。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

采用 4×4 拉丁方试验设计,试验牛随机分为 4 组,每组 2 头。分别饲喂基础饲料(对照组)以及在基础饲料中分别添加 0.36 g/d 莫能菌素(莫能菌素组)、1.75 g/d 吐温 80(吐温 80 组)、0.36 g/d 莫能菌素 + 1.75 g/d 吐温 80(联合组)的试验饲料。试验在吉林省农业科学院畜牧分院试验牛场进行。每期试验每头牛预试期 7 d,正试期 15 d。共进行 4 期试验。

1.2.2 试验动物的管理

试验牛单槽栓系饲养,每日分别于 05:00、16:00 准时定量(4 kg)饲喂精料,自由采食羊草,自由饮水,记录正试期内每头牛的日采食量、日排粪量和日排尿量。利用吉林省农业科学院自主研发的大型开放回流式呼吸测热装置进行呼吸代谢试验。正试期内第 1 天与第 14 天下午 13:00 将试验牛称重后牵入呼吸测热室进行 24 h 呼吸代谢试验,计算试验牛平均日增重,电脑自动记录每头牛的呼吸代谢耗氧气体量、二氧化碳排放量、甲烷排放量、呼吸熵等的变化。正试期内的第 10 天与第 11 天,进行消化代谢试验,分 2 批次于每天 08:00 抽取试验牛的瘤胃液。

1.2.3 样品的处理与分析

利用气筒式抽瘤胃液器经口腔直接抽取瘤胃液后,立即用 4 层纱布过滤,测定瘤胃液 pH,按照 4:1 的比例取 4 mL 过滤后的瘤胃液加入 1 mL 10% 偏磷酸混合均匀,4 000 r/min 离心 15 min,取上清液再以 12 000 r/min 离心 15 min 后,再取上清液测定挥发性脂肪酸(VFA)浓度。

1.3 试验仪器和设备

1.3.1 大型开放回流式呼吸测热装置

该装置由吉林省农业科学院畜牧分院自主研发,可以人工控制模拟各种气候环境,进行长时间连续不间断对大、中、小型动物(5 ~ 1 000 kg)呼吸代谢的实时监测,主要由下列装置构成:进气、排气装置,高精度气体在线分析仪,数据采集控制仪,呼吸代谢室,控温、控湿装置,收粪、尿装置等。该装置每 5 min 采集并分析 1 次呼吸代谢室内氧气、二氧化碳和甲烷气体的浓度,计算机自动运算记录,并保存数据。

1.3.2 气筒式抽瘤胃液器

气筒式抽瘤胃液器由吉林省农科院畜牧分院

改装。

1.3.3 Konik HRGC-4000 气相色谱仪

色谱条件,汽化室参数:载气为 N_2 ,分流比 40:1,进样量 $1 \mu L$,温度 $220 \text{ }^\circ C$;色谱柱参数:DB-FFAP 色谱柱恒流模式,流量 3.0 mL/min ,平均线速度 38 cm/s ;柱温箱参数:程序升温 $65 \sim 190 \text{ }^\circ C$;检测器参数:氢气流量 40 mL/min ,空气流量 400 mL/min ,柱流量+尾吹气流量 45 mL/min ,氢火焰离子化检测器(FID)温度 $250 \text{ }^\circ C$ 。

1.4 试验数据处理

试验数据采用 Excel 2003 软件进行整理后,采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,采用 GLM 模块进行方差分析,采用 Tukey 法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛瘤胃发酵特性的影响

由表 2 可知,与对照组相比,采食 2 h 后,3 个试验组的瘤胃液 pH 均略低,但差异均未达到显著水平 ($P > 0.05$);莫能菌素组极显著增加了乙酸、丙酸、丁酸和 TVFA 的浓度 ($P < 0.01$),吐温 80 组和联合组无显著变化 ($P > 0.05$)。莫能菌素组与联合组相对于吐温 80 组和对照组,均能极显著降低了乙酸/丙酸 ($P < 0.01$),极显著提高了丙酸比例 ($P < 0.01$)。吐温 80 组相较莫能菌素组极显著增加丁酸比例 ($P < 0.01$),但二者与对照组相比,以及联合组与对照组相比差异均不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛瘤胃发酵特性的影响

Table 2 Effects of monensin and tween-80 on ruminal fermentation characteristics of Grassland Red bulls

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	对照 Control	莫能菌素 Monensin	吐温 80 Tween-80	联合 Combination		
瘤胃液 pH Rumen fluid pH	7.09	6.91	7.08	7.06	0.11	0.39
乙酸浓度 Acetate concentration/(mmol/L)	39.69 ^{Bb}	56.78 ^{Aa}	38.21 ^{Bb}	40.94 ^{Bb}	2.91	<0.01
丙酸浓度 Propionate concentration/(mmol/L)	9.53 ^{Bb}	19.20 ^{Aa}	13.38 ^{ABb}	10.25 ^{ABb}	1.48	<0.01
丁酸浓度 Butyrate concentration/(mmol/L)	6.23 ^{Bb}	9.08 ^{Aa}	5.71 ^{Bb}	7.35 ^{ABab}	0.68	<0.01
总挥发性脂肪酸浓度 TVFA/(mmol/L)	57.17 ^{Bb}	87.69 ^{Aa}	60.36 ^{ABb}	59.08 ^{ABb}	5.01	<0.01
乙酸比例 Acetate percentage/%	69.47 ^{Aa}	65.05 ^{Bb}	67.77 ^{ABa}	64.68 ^{Bb}	0.09	<0.01
丙酸比例 Propionate percentage/%	16.72 ^{Bb}	21.58 ^{Aa}	17.04 ^{ABb}	22.63 ^{Aa}	0.01	<0.01
丁酸比例 Butyrate percentage/%	10.81 ^{ABab}	10.37 ^{ABb}	12.20 ^{Aa}	9.69 ^{Bb}	0.01	<0.01
乙酸/丙酸 Acetate/propionate	4.17 ^{Aa}	3.04 ^{Bb}	4.02 ^{ABa}	2.86 ^{Bb}	0.15	<0.01

同行数据相同或无字母肩标表示差异不显著 ($P > 0.05$),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 ($P < 0.01$)。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant different ($P > 0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P < 0.01$). The same as below.

2.2 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛甲烷排放量的影响

由表 3 可知,3 个试验组的平均日增重都大于对照组,但差异均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。在精料采食量相同的情况下,与对照组相比,莫能菌素组、吐温 80 组和联合组羊草采食量分别提高了 25.8%、6.9% 和 15.4%,但只有莫能菌素组与对照组差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。与对照组相

比,莫能菌素组极显著降低了每天的甲烷排放量 (10.51%) ($P < 0.01$),吐温 80 组则极显著增加了每天的甲烷排放量 (5.48%) ($P < 0.01$),联合组每天的甲烷排放量有所降低,但差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。吐温 80 组相较对照组能显著降低增重 1 kg 的羊草采食量 ($P < 0.05$),莫能菌素组则相反,但未达到差异显著水平 ($P > 0.05$)。3 个试验组相较对照组均能显著降低增重 1 kg 的

甲烷排放量 ($P < 0.05$), 莫能菌素组、吐温 80 组和联合组分别降低了 31.89%、22.59% 和 25.26%。

表 3 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛甲烷排放的影响

Table 3 Effects of monensin and tween-80 on CH₄ emission of Grassland Red bulls

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	对照 Control	莫能菌素 Monensin	吐温 80 Tween-80	联合 Combination		
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.91	1.13	1.09	1.01	0.18	0.62
羊草采食量 Chinese wildrye intake/(kg/d)	4.22 ^b	5.31 ^a	4.51 ^{ab}	4.87 ^{ab}	0.29	0.01
甲烷排放量 CH ₄ emission/(L/d)	167.13 ^{ABab}	149.56 ^{Bc}	176.28 ^{Aa}	155.10 ^{ABbc}	6.14	<0.01
增重 1 kg 的羊草采食量 Chinese wildrye intake per kilogram of weight gain/kg	5.34 ^a	5.49 ^a	4.44 ^b	5.26 ^a	1.14	0.03
增重 1 kg 的甲烷排放量 CH ₄ emission per kilogram of weight gain/(L/kg)	225.46 ^a	153.56 ^b	174.53 ^b	168.51 ^b	36.77	0.01

3 讨论

3.1 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛瘤胃发酵特性的影响

3.1.1 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛瘤胃液 pH 的影响

瘤胃液 pH 是评定瘤胃发酵状况的重要参数,其主要来源是纤维素降解为丙酮酸,丙酮酸再转变成乙酸和氢气,其次还有少量是由甲酸产生的。Murphy 等^[9]报道的瘤胃液 pH 正常范围为 5.5 ~ 7.5, 本研究中所测得的瘤胃液 pH 在 7.0 左右,属于正常范围内,但相较于王志博等^[10]研究发现的 6.5 左右偏高,可能是由于本试验中粗料采食只有羊草,而后的粗料包括羊草和青贮玉米,羊草中中性洗涤纤维的含量较高,非纤维性碳水化合物的含量低,而中性洗涤纤维发酵产生 VFA 的速度低于非纤维性碳水化合物发酵产生 VFA 的速度。与薛秀梅^[11]研究发现的瘤胃液 pH 6.09 ~ 6.64 相比,本研究结果也较高,可能是由于本试验利用气筒式抽瘤胃液器经口腔直接抽取瘤胃液,后者采用体外批次培养法,如此则没有底物的外流和 VFA 的吸收以及唾液的缓冲作用,以至于发酵产物大量积累而导致培养液 pH 下降幅度较大。本试验中,在试验牛采食 2 h 后,3 个试验组的瘤胃液 pH 与对照组相比差异不显著,与王志博等^[10]与 Hristov 等^[12]报道的结果一致。

3.1.2 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛瘤胃液

VFA 浓度的影响

VFA 主要是饲料中碳水化合物的发酵产物,是维持反刍动物生命和生产的主要能量来源,可以为反刍动物提供其总能需要量的 70% ~ 80%。VFA 包括乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸、异戊酸、戊酸、正丁酸等,其中乙酸、丙酸、丁酸占瘤胃发酵产生 TVFA 的 95% 左右^[13]。许多研究表明,瘤胃发酵趋向于丙酸型发酵则有利于提高饲料利用率。

莫能菌素对 VFA 的影响在不同的试验研究中有不同的结果。Martineau 等^[14]研究发现,与对照组相比,莫能菌素组降低 TVFA 浓度,增加乙酸和丙酸浓度,降低丁酸浓度,降低乙酸/丙酸,但是都未达到显著水平。钱占宇^[15]在研究离子载体对奶牛瘤胃发酵时发现,适量的莫能菌素能显著增加丙酸浓度,降低乙酸/丙酸,对 TVFA 浓度没有显著影响。叶均安^[16]的试验表明,对瘤胃培养液添加莫能菌素培养 3 h 后,乙酸、丙酸、丁酸的浓度增加,培养 6 h 后,乙酸、丁酸浓度下降,而丙酸浓度增加。从本试验结果也可以看出,在草原红牛采食 2 h 后,添加莫能菌素能够极显著增加乙酸、丙酸、丁酸的浓度,与叶均安^[16]的研究结果相一致,并且通过分析数据发现,莫能菌素相较对照组显著增加了 TVFA 浓度,显著降低了乙酸比例,显著降低了乙酸/丙酸,显著增加了丙酸比例,使瘤胃发酵趋向于丙酸型发酵。

吐温 80 对 VFA 的影响在不同的试验中也得到了不同的结果。Hristov 等^[8,12]报道,与对照组

相比,添加吐温 80 对瘤胃液 VFA 以及 VFA 不同组分的比例都没有影响。但是, Lee 等^[7]研究吐温 80 对瘤胃发酵特性的影响时发现,与对照组相比,添加吐温 80 使瘤胃液 VFA 浓度在饲喂 3 h 后升高 20%,主要是增加了瘤胃液体乙酸和丙酸浓度。代行慧^[17]的研究发现,吐温 80 能够显著提高绵羊瘤胃液中乙酸的浓度,显著降低丙酸和丁酸浓度。王宏勇等^[18]报道,吐温 80 使瘤胃液乙酸、丙酸、丁酸的平均浓度分别提高 12.19%、14.23%、15.59%。本试验中,添加吐温 80 虽然未达到差异显著水平,但同样可提高乙酸、丙酸、丁酸和总 VFA 的浓度,降低乙酸比例,增加丙酸和丁酸比例,降低乙酸/丙酸,这与 Lee 等^[7]、代行慧^[17]和王宏勇等^[18]的结果也相一致。

精料中同时添加莫能菌素和吐温 80 后,相比对照组显著降低了乙酸比例和乙酸/丙酸,增加了丙酸比例,对其他指标无显著影响,此结果与 Wang 等^[19]的研究结果一致。

3.2 莫能菌素和吐温 80 对草原红牛甲烷排放的影响

反刍动物采食饲料后,首先在瘤胃内进行厌氧发酵,瘤胃内的微生物把碳水化合物和其他植物纤维发酵分解成 VFA 等代谢产物,同时产生甲烷。其产生途径有:1) 氢气和甲酸在一系列酶和辅酶的作用下还原生成;2) 甲酸、乙酸、丁酸等 VFA 水解产生;3) 甲醇、乙醇等果胶的发酵产物分解产生。研究表明,饲料组成、采食水平、环境温度、瘤胃内环境和食糜流动速度都是影响反刍动物甲烷排放的主要因素。准确测定反刍动物甲烷排放量,对于比较不同营养调控技术对反刍动物甲烷减排的效果,从而筛选出最佳调控方案具有重要作用。国内对于这方面的研究多采用传统的体外培养法、头套法或六氟化硫示踪法,对于采用国际上较先进水平的呼吸代谢室法还鲜有报道。本研究中所采用的呼吸代谢测热装置,是吉林省农科院在对国际通用的开放回流式呼吸测热流程的基础上进行创新改进后自主研发的专门用于研究反刍动物甲烷排放的装置。该装置最大的优点在于能将动物口腔与肠道排放的甲烷量做长时间实时监测,并且该装置把采集分析完的气体,流经分析仪后又抽回动物呼吸代谢室,使得代谢室内的气体容积不发生改变,从而使测定结果更加准确。

莫能菌素调控瘤胃甲烷的生成主要是通过通过对瘤胃微生物区系的调控实现的。莫能菌素能通过影响细胞膜通透性、改变微生物代谢活动而抑制产甲烷菌、产氢菌和产甲酸菌,改变瘤胃发酵过程中产生的还原电子在不同受体之间的传递方向,使革兰氏阳性菌产生的甲烷、氢气、二氧化碳显著减少,从而达到减少甲烷排放量的目的。Van Vugt^[20]对放牧场采食的奶牛进行研究时发现,莫能菌素使甲烷排放量下降了 9%~10%。Odongo 等^[21]学者研究饲喂莫能菌素对泌乳奶牛甲烷排放量的长期影响时也发现,莫能菌素可使甲烷排放量降低 7% 和 9%,同时不影响奶牛干物质采食量和产奶量。本试验中莫能菌素显著降低甲烷排放量的结果与以上的研究结果一致。但 Grainger 等^[22]的研究也发现,莫能菌素对放牧场和代谢室测得的奶牛的甲烷排放量没有影响,这可能是由于各个研究中莫能菌素的添加剂量不同所致。Van Vugt^[20]的试验中,莫能菌素的添加量为 0.32 mg/d,本试验中的添加量为 0.36 mg/d,而 Grainger 等^[22]的试验中,莫能菌素的添加量仅为 0.24 mg/d,可能并未达到降低甲烷生成所需莫能菌素的最低水平。将甲烷排放量换算成增重 1 kg 所排放的量后,本试验中莫能菌素组同样显著低于对照组。

对吐温 80 的报道多集中于其对瘤胃发酵特性的调控,而对其调控瘤胃甲烷的生成机制目前尚没有明确的报道。本试验中,试验牛采食添加了吐温 80 的饲料后,日甲烷排放量相比对照组显著升高,原因可能是吐温 80 能提高瘤胃内酶活力,提高细菌生长速度,促进瘤真菌生长,促进乙酸浓度的增加而间接影响的。但是将甲烷排放量换算成试验牛增重 1 kg 的排放量后,则显著低于对照组,并且试验牛增重 1 kg 的羊草采食量也显著低于对照组、莫能菌素组以及联合组,说明吐温 80 降低了草原红牛增重 1 kg 的甲烷排放量。

本试验中,在精料中同时添加莫能菌素和吐温 80 后,相对于对照组甲烷排放量也显著降低,但是相对于分别添加莫能菌素和吐温 80,其降低效果却并没有得到加强,原因有待进一步研究。

4 结 论

① 饲料中添加莫能菌素使草原红牛的瘤胃发酵类型趋向于丙酸型发酵,同时降低了单位增重

的甲烷排放量。

② 饲料中添加吐温 80 能同时显著降低单位增重的相对干物质采食量和相对甲烷排放量。

③ 饲料中同时添加莫能菌素和吐温 80 的效果没有比分别添加二者的效果增强。

致谢:

感谢吉林省农业科学院赵玉民研究员、杨华民副研究员、张国梁研究员对本研究选题给予的指导与建议以及在试验过程中给予的技术、物资的支持,感谢魏炳栋助理研究员对文稿所提的宝贵意见。

参考文献:

- [1] BARAN M,高喜良.莫能菌素对绵羊瘤胃内饲料发酵的影响[J].草食家畜,1987(1):47-48.
- [2] 王中华,刘晓牧,高秀华,等.莫能菌素对瘤胃微生物产气量和产量的影响[J].中国饲料,1999(12):14.
- [3] 刘立成,崔国志,苗树君,等.莫能菌素对肉牛育肥期瘤胃发酵和日粮主要成分消化率的影响[J].饲料工业,2007,28(15):45-47.
- [4] 张巧娥,顾凤英,蔡丽,等.莫能菌素对哺乳犊牛生产性能的影响[J].饲料研究,2011(6):61-63.
- [5] LEE S S, AHN B H, KIM H S, et al. Effects of non-ionic surfactants on enzyme distributions of rumen contents, anaerobic growth of rumen microbes, rumen fermentation characteristics and performances of lactating cows[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2003, 16(1):104-115.
- [6] GOTO M, BAE H, LEE S S, et al. Effects of surfactant Tween 80 on forage degradability and microbial growth on the *in vitro* rumen mixed and pure cultures[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2003, 16(5):672-676.
- [7] LEE S S, HA J K. Influences of surfactant Tween 80 on the gas production, cellulose digestion and enzyme activities by mixed rumen microorganisms[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2003, 16(8):1151-1157.
- [8] HRISTOV A N, IVAN M, NEILL L, et al. Evaluation of several potential bioactive agents for reducing protozoal activity *in vitro*[J]. Animal Feed Science and Technology, 2003, 105(1):163-184.
- [9] MURPHY J J, KENNELLY J J. Effect of protein concentration and protein source on the degradability of dry matter and protein *in situ*[J]. Journal of Dairy Science, 1987, 70(9):1841-1849.
- [10] 王志博,姜万富,辛杭书,等.饲料添加海南霉素和莫能菌素对奶牛瘤胃发酵特性和氮平衡的影响[J].动物营养学报,2012,24(6):1098-1104.
- [11] 薛秀梅.不同水平麝香草酚和莫能菌素对内蒙古白绒山羊瘤胃发酵性能的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [12] HRISTOV A N, MCALLISTER T A, OLSON M E, et al. Effect of Tween 80 and salinomycin on ruminal fermentation and nutrient digestion in steers fed a diet containing 70% barley[J]. Canadian Journal of Animal Science, 2000, 80(2):363-372.
- [13] 韩继福,冯仰廉,张晓明,等.阉牛不同日粮的纤维消化,瘤胃内VFA对甲烷产生量的影响[J].中国兽医学报,1997,17(3):278-280.
- [14] MARTINEAU R, BENCHAAAR C, PETIT H V, et al. Effects of lasalocid or monensin supplementation on digestion, ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production of lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2007, 90(12):5714-5725.
- [15] 钱占宇.离子载体等添加剂对奶牛瘤胃发酵调控和对血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.大庆:黑龙江八一农垦大学,2010.
- [16] 叶均安.莫能菌素添加剂对瘤胃培养物发酵的影响[J].饲料研究,2003(6):39.
- [17] 代行慧.吐温-80和纤维素酶对绵羊作用的研究[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2007.
- [18] 王宏勇,孙浩,陈勇.吐温对绵羊采食、瘤胃代谢、CMCase活力和原虫数量的影响[J].饲料工业,2008(3):16.
- [19] WANG Y, ALEXANDER T W, MCALLISTER T A. *In vitro* effects of monensin and tween 80 on ruminal fermentation of barley grain: barley silage-based diets for beef cattle[J]. Animal Feed Science and Technology, 2004, 116(3/4):197-209.
- [20] VAN VUGT C J. Impact of monensin on methane production and performance of cows fed forage diets [C]//Proceedings-New Zealand society of animal production. [s. l.]: New Zealand Society of Animal Production, 2005:362-366.
- [21] ODONGO N E, BAGG R, VESSIE G, et al. Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2007, 90(4):1781-1788.
- [22] GRAINGER C, AULDIST M J, CLARKE T, et al. Use of monensin controlled-release capsules to reduce methane emissions and improve milk production of

dairy cows offered pasture supplemented with grain 1165.
[J]. Journal of Dairy Science, 2008, 91 (3) : 1159 -

Effects of Monensin and Tween-80 on Rumen Fermentation and Methane Emission of Growing Grassland Red Bulls

XIANG Yan¹ YANG Huaming² ZHANG Guoliang² BAN Zhibin¹ WEI Bingdong² ZHAO Yumin^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: This experiment was conducted to research the effects of monensin and tween-80 on the characteristics of rumen fermentation and methane (CH₄) emission of growing Grassland Red bulls. Eight healthy Grassland Red bulls with an average age of seventeen months and an average body weight of (276 ± 18) kg was selected and randomly divided into four groups with two heads in each group in a 4 × 4 Latin square design. Bulls were fed a basal diet and three experimental diets (the basal diet supplemented with 0.36 g/d monensin, 1.75 g/d tween-80 and 0.36 g/d monensin + 1.75 g/d tween-80, respectively). The results showed as follows: dietary supplementation of monensin significantly increased the concentration of total volatile fatty acid (TVFA) and the proportion of propionate propionic acid, but reduced CH₄ emission per kilogram of weight gain by 31.89%; dietary supplementation of tween-80 tended to increase TVFA concentration and propionate proportion ($P > 0.05$), but reduced CH₄ emission per kilogram of weight gain by 22.59%; compared with supplemented individually, the influence was not enhanced when monensin and tween-80 were supplemented together. Therefore, monensin and tween-80 can both improve rumen fermentation, but significantly reduce CH₄ emission per unit of weight gain, which are beneficial for nutrient digestion and utilization. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(11):2675-2681]

Key words: monensin; tween-80; Grassland Red bulls; rumen fermentation; CH₄ emission