

瘤胃 VFA 产量与瘤胃可发酵 有机物质关系的研究*

陈喜斌

冯仰廉

(华中农业大学畜牧系, 武汉, 430070) (北京农业大学动物科技学院, 北京, 100094)

摘要 本研究用 6 个处理的日粮 (4 种不同处理的糊化淀粉尿素、豆饼和常规尿素) 在 5 头安装有瘤胃和真胃瘘管的阉牛中进行 6×5 拉丁方试验。试验中测定了瘤胃 VFA 浓度及产量, 并同时用体内法和尼龙袋法测定了有机物质的降解率; 还研究了体内法测定的瘤胃可消化有机物质 (RDOM) 及尼龙袋法测定的瘤胃 24 小时可发酵有机物质 (FOM) 与瘤胃 VFA 产量的关系。结果表明: 用 RDOM 预测 VFA 能 (E_{VFA}) 的平均值为 7.222 MJ/kg RDOM ($r=0.7032$); 用 FOM 预测 VFA 产量的平均值为 7.602 mol/kg FOM ($r=0.6686$)。还发现瘤胃 24 小时可发酵碳水化合物 (F_{CHO}) 与平均瘤胃 VFA 浓度相关系数为 $r=0.7932$ 。在碳水化合物的各种成分中, 瘤胃 24 小时 ADF 降解量与乙酸产量的相关系数为 $r=0.7361$; 瘤胃 24 小时中性洗涤剂溶解物的降解量与丙酸产量相关系数为 $r=0.6296$, 说明对乙酸产量影响最大的是纤维素的降解量, 而可溶性碳水化合物的降解量主要影响丙酸的产量。

关键词 VFA 产量 瘤胃可发酵有机物质

VFA 是有机物质在瘤胃中发酵的主要产物, 可为反刍动物提供可利用能。在实践中, VFA 产量的测定很困难, 如果能用瘤胃可消化有机物或瘤胃 24 小时可发酵有机物来预测 VFA 的产量, 将提供一种简便实用的方法。

1 材料和方法

本试验用 6 种日粮 (4 种不同处理的糊化淀粉尿素日粮、豆饼日粮和常规尿素日粮) 在 5 头安装有瘤胃和真胃瘘管的阉牛中进行 6×5 拉丁方试验, 测定瘤胃 VFA 的浓度及产量, 同时用体内法和瘤胃尼龙袋法测定有机物质的降解率。

1.1 材料

实验动物: 5 头带有瘤胃和真胃瘘管的阉牛, 年龄 2 岁, 体重 $350 \sim 400 \text{ kg}$ 。

日粮: 按牛的需要和瘤胃能氮平衡的原理, 以豆饼为蛋白质补充料配合日粮 (日粮 5)、4 种处理的糊化淀粉尿素 (日粮 1~4) 和尿素 (日粮 6) 按日粮氮量的 25% 代替豆饼量。各日粮的组成见表 1。

* 国家自然科学基金资助重点项目内容之一

收稿日期: 1995-05-15

表 1 试验用精料的组成

Table 1. Composition of concentrate (%)

	玉米 Corn	豆饼 Soybean meal	麸皮 Wheat bran	多微 Minerals	糊化淀粉尿素 Starea	尿素 Urea	粗蛋白质 Crude protein
日粮 1(糊 1) Ration1(Starea1)	55.8	5	30	0.2	9	—	12.9
日粮 2(糊 2) Ration2(Starea2)	55.8	5	30	0.2	9	—	12.9
日粮 3(糊 3) Ration3(Starea3)	55.8	5	30	0.2	9	—	12.9
日粮 4(糊 4) Ration4(Starea4)	55.8	5	30	0.2	9	—	12.9
日粮 5(豆饼) Ration5(Soybean meal)	49.8	20	30	0.2	—	—	12.6
日粮 6(尿素) Ration6(Urea)	62.5	5	30	0.2	—	2.3	13.1

所有日粮的粗料为羊草 (The roughage used in all the ration was chinese wildrye.)
精:粗 = 1:1(Ratio of concentrate to roughage = 1:1)

1.2 试验方法

饲喂:每天分别在 8:00 和 14:00 饲喂两次,每天饲喂量为精料 3.5kg,粗料 3.5kg,自由饮水。

指示剂投喂:从预试期开始每天将 16g Cr₂O₃ 和 32g 聚乙二醇(Polyethyleneglycol ,PEG, 分子量为 4000)分 4 次(每隔 6 小时一次)投入瘤胃瘘管。

试验期:每头试牛按拉丁方表所规定的日粮预试 7 天,采样期为 3 天。

瘤胃尼龙袋法:试验期间,在瘤胃中放入装有与被测日粮相同的饲料样品的尼龙袋 6 个,24 小时后取出,冲洗后于 65℃ 烘干,以备分析有机物质、碳水化合物、ADF、NDF 含量。

瘤胃内定点采样:采样期内,每次饲喂后隔 3 小时采瘤胃液 100ml,装于塑料瓶内于低温下保存,以备测定 PEG 浓度及 VFA 浓度,计算瘤胃动态体积及 VFA 产量。

真胃(十二指肠前端)定点采样:正试期内,每次饲喂后,每隔 3 小时在真胃采食糜 50ml,每天混合在一起,冷冻干燥,以备测定 Cr₂O₃ 浓度及有机物含量,计算真胃有机物流量。

VFA 用气相色谱法测定。

2 结果与讨论

本试验获得如下结果:

从表 2 可以看出:在可发酵有机物质中,碳水化合物约占 80% 以上;在可发酵的碳水化合物中,结构性碳水化合物(NDF)约占 40%,可溶性碳水化合物约占 60%;在降解的结构性碳水化合物中,纤维素和半纤维素将近各占一半。在 FOM 中,结构性碳水化合物约占 30%,可溶性碳水化合物约占 50%,其余部分主要为粗蛋白质和粗脂肪。

表 4 是本试验中各种日粮的 VFA 产量及 VFA 能(E_{VFA})与 RDOM、FOM 及可发酵碳水化合物等的比值。从表 4 中可以看出,各日粮间 E_{VFA} / RDOM 和 E_{VFA} / FOM 的变异最小。在生产实践中,不可能测定 VFA 产量,因此,用 RDOM 和 FOM 来预测 VFA 能的误差是最小的。

通过进一步对 RDOM、FOM 和 F_{CHO} 与 VFA 产量、VFA 总能量和 VFA 浓度进行对应的

表 2 有机物质和各种碳水化合物的降解量

Table 2. The amount of degraded carbohydrates and organic matter (kg)

项 别 Item	日粮 Ration						平均 Mean
	1	2	3	4	5	6	
碳水化合物* Carbohydrates	1.926	2.190	2.211	2.328	2.408	2.311	2.228 ± 0.169
NDF	0.884	0.912	0.836	0.981	0.862	0.766	0.874 ± 0.072
ADF	0.345	0.550	0.513	0.539	0.542	0.401	0.428 ± 0.087
半纤维素 Hemicellulose	0.538	0.362	0.324	0.447	0.320	0.433	0.404 ± 0.085
中性洗涤剂溶解物 ND solute	2.037	1.999	2.115	2.008	2.093	2.154	2.068 ± 0.062
OM(尼龙袋法) ^b OM in sacco	2.688	2.638	2.712	2.765	2.738	2.694	2.706 ± 0.044
OM(体内法) ^c OM in vivo	3.046	3.137	3.077	3.296	3.267	2.954	3.130 ± 0.132

a:碳水化合物降解量即为 F_{CHO} (The amount of degraded carbohydrates is F_{CHO})

b:OM(尼龙袋法)的降解量为 FOM (The amount of degraded OM in sacco is FOM)

c:OM(体内法)的降解量为 RDOM (The amount of degraded OM in vivo is RDOM)

表 3 各种日粮 VFA 浓度、产量及总能产量

Table 3. The VFA concentration, VFA production and VFA energy production

项 别 Item	日粮 Ration						平 均 Mean
	1	2	3	4	5	6	
VFA 浓度 VFA concentration(mM / L.)	31.6	35.1	33.9	34.1	39.2	34.4	34.7 ± 2.494
乙酸产量 Acetic acid production(mol)	15.718	12.065	14.957	13.914	15.665	14.549	14.478 ± 1.365
丙酸产量 Propionic acid production(mol)	3.298	2.999	4.158	3.834	3.840	3.761	3.648 ± 0.421
丁酸产量 Butyric acid production(mol)	2.375	1.986	2.506	2.611	2.850	2.407	2.456 ± 0.465
VFA 产量 VFA production(mol)	21.391	17.080	21.621	20.359	22.355	20.711	20.581 ± 1.855
VFA 总能量 VFA energy production(MJ)	23.077	21.886	20.515	23.809	24.694	21.657	22.606 ± 1.538

相关和回归分析,结果如下:

$y = 28.220x - 55.77 \quad (r = 0.6676, n = 6)$ (1)

式中 y —— VFA 产量(mol); x —— FOM(kg).

$y = 8.244x - 3.194 \quad (r = 0.7082, n = 6)$ (2)

式中 y —— VFA 能(MJ); x —— RDOM(kg).

$y = 18.387x - 27.145 \quad (r = 0.525, n = 6)$ (3)

式中 y —— VFA 能(MJ); x —— FOM(kg).

$y = 17.308 + 2.377x \quad (r = 0.261, n = 6)$ (4)

式中 y —— VFA 能(MJ); x —— F_{CHO}(kg)

以上结果表明,瘤胃 24 小时可发酵有机物 (FOM) 与 VFA 产量具有较高的相关 ($r = 0.6676$);而瘤胃可消化有机物(RDOM)与 VFA 总能量具有较高相关($r = 0.7082$)。瘤胃 24小时可发酵碳水化合物(F_{CHO})与 VFA 浓度具有较高相关,其回归方程为:

$y = 8.489 + 11.771x \quad (r = 0.7932, n = 6)$

表 4 VFA 产量及 VFA 能与 RDOM、FOM 和 F_{CHO} 的比值

Table 4. The ratio of VFA production and VFA energy production to RDOM, FOM and F_{CHO}

	日粮 Ration						平均	CV(%)
	1	2	3	4	5	6	Mean	
VFA / RDOM(mol / kg)	7.023	5.435	7.027	6.177	6.843	7.011	6.586 ± 0.652	9.90
VFA / FOM(mol / kg)	7.958	6.463	7.972	7.363	8.165	7.688	7.602 ± 0.623	8.20
VFA / F _{CHO} (mol / kg)	11.106	7.785	9.779	8.764	9.284	8.962	9.280 ± 1.112	11.98
VFA / X(mol / kg)	10.501	8.529	10.223	10.139	10.681	9.615	9.948 ± 0.785	7.89
E _{VFA} / RDOM(MJ / kg)	7.576	6.976	6.667	7.224	7.559	7.331	7.222 ± 0.352	4.87
E _{VFA} / FOM(MJ / kg)	8.585	8.296	7.565	8.611	9.019	8.039	8.353 ± 0.507	6.10
E _{VFA} / F _{CHO} (MJ / kg)	11.982	9.994	9.279	10.249	10.255	9.371	10.188 ± 0.975	9.57
E _{VFA} / X(MJ / kg)	11.329	10.948	9.699	11.857	11.798	10.054	10.948 ± 0.900	8.22

x —— 中性洗涤剂溶解物降解量(The amount of degraded ND solute)

式中 y —— VFA 浓度(mM / L);x —— F_{CHO}(kg)

因此,VFA 的能量和 VFA 产量可用 RDOM 和 FOM 预测,既可用表 4 的平均值进行计算,也可用上述回归方程(2)计算。从表 4 可知,每公斤瘤胃可消化有机物的 VFA 能产量为 7.222MJ / kg RDOM,每公斤瘤胃可发酵有机物的 VFA 产量为 7.602 mol / kg FOM。

为了进一步研究碳水化合物中各成分对 VFA 中乙、丙、丁酸产量的影响,对 F_{CHO}、NDF、ND solute、ADF、半纤维素 24 小时降解量(见表 2)与乙、丙、丁酸产量(见表 3)分别进行对应的相关和回归分析。结果表明,ADF 降解量与乙酸产量的相关最高(r=0.7361),其回归方程为:

y = 12.586 + 4.851x (r = 0.7361 , n = 6)

式中 y —— 乙酸产量(mol);x —— ADF 降解量(kg)

NDF 和半纤维素降解量与乙酸产量的相关较低。与丙酸产量相关最高的是中性洗涤剂溶解物的降解量,其回归方程为:

y = 4.243x - 5.125 (r = 0.6296 , n = 6)

式中 y —— 丙酸产量(mol);x —— 中性洗涤剂溶解物降解量(kg)

而 NDF、ADF 及半纤维素降解量与丙酸的相关均为低相关或负相关。

上述结果说明,对乙酸产量影响最大的是纤维素的降解量。而可溶性碳水化合物的降解量主要影响丙酸的产量。这一结果与公认的粗饲料发酵的乙酸比例高,而精料发酵的丙酸比例较高的结论一致。

参考文献

Bell M C, W D Gallup, C K Whitehair. 1951. Utilization by steers of urea nitrogen in rations containing different carbohydrate feeds. *J. Animal Sci.* ,10:1037

Belasco I J. 1956. The role of carbohydrates in urea utilization, cellulose digestion and fatty acid formation. *J Animal Sci.* ,15:496

Bloomfield R A, M E Muhrer, W H Pfander. 1958. Relation of composition of energy source to urea utilization by rumen microorganisms. *J Animal Sci.* ,23:868

Cutla M A. 1989. Interaction of ruminal bacterial in the production and utilization of dextrins from soluble starch. Abstr. 44 in proc. 20th Conf. Rumen Function, Chiago IL.

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN VFA PRODUCTION AND FERMENTABLE ORGANIC MATTER IN THE RUMEN

Chen Xibin

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Feng Yanglian

(Beijing Agricultural University, Beijing, 100094)

ABSTRACT

Six diets [4 kinds of starea, urea, soybean meal (SBM)] were used in five steers with ruminal and abomasal cannulae by 6×5 Latin square design to investigate the relationship between VFA production and fermentable organic matter in the rumen. Degradability of organic matter in the rumen was determined meanwhile by in vivo and in sacco technique. Results showed: VFA energy production was positively linear correlation to the amount of degraded organic matter in the rumen in vivo (RDOM, $r = 0.7082$), the mean value is $7.222 \text{ MJ / kg RDOM}$. VFA production was positively linear correlation to the amount of degraded organic matter in sacco (FOM, $r = 0.6676$), the mean value is $7.602 \text{ mol / kg FOM}$. The correlation between fermentable carbohydrate (F_{CHO}) and VFA concentration is higher ($r = 0.7932$). Acetic acid production had positive linear correlation to the amount of degradable ADF, and propionic acid production had positive linear correlation to the amount of degradable ND solute.

Key words: VFA production, Fermentable organic matter in the rumen