

体外产气法与尼龙袋法评定粗饲料干物质降解率的相关性分析

张文璐 李杰 吕元勋

摘要 为寻求可在实验室条件下简单地评定饲料降解性能的方法, 试验以玉米秸秆及不同尿素、石灰比例复合处理的玉米秸秆为发酵底物, 对饲料体外产气量和尼龙袋瘤胃干物质降解率作了相关性分析。统计分析表明, 体外产气量与体内干物质降解率呈高度正相关, 相关系数分别为: 对照组 0.967、料 A 0.964、料 B 0.999 和料 C 0.994。结果证明, 在对饲料降解性能及潜在可降解能力作快速、定性判断时, 体外产气法可以代替尼龙袋法。

关键词 体外产气法; 尼龙袋法; 降解率; 相关性

中图分类号 S823

Correlation analysis between vitro gas production and nylon bag technique for evaluating the degradation rate of roughage

Zhang Wenlu, Li Jie, Lü Yuanxun

Abstract In order to search for simply feed degradation assessment methods on the laboratory conditions, the experiments was designed to analyse correlation between vitro gas production and nylon bag Technique for evaluating the degradation rate of dry matter, the test used corn stalks and corn stalk which was dealt with different proportion of urea and lime as fermentation substrate. Statistical analysis showed that, positively pertinence between gas production in vitro and degradation rate of dry matter in body, the correlation coefficients were as follows: control group was 0.967, group A was 0.964, group B was 0.999 and group C was 0.994. The results showed that vitro gas production method can replace the nylon bag technique while rapid, qualitative analysing degradation or potential degradation of the feed.

Key words nylon bag technique; vitro gas production; degradation rate; correlation

瘤胃尼龙袋法已广泛应用于饲料各种营养成分降解率的测定, 但这种方法适用于少量样品测定, 如果饲料样品多时, 这种方法需要的试验动物较多, 而且瘘管手术费用较高, 试验不易进行。而体外产气法受试验动物限制小、可重复性好、简单并且对饲料样品可批量测定, 因此, 这种方法也受到越来越多的重视。本试验旨在寻求可在实验室条件下简单地评定饲料降解性能的方法, 对体外产气法与尼龙袋法评定粗饲料干物质降解率作相关性分析, 以便进一步验证在一定范围内用体外产气法代替尼龙袋法的可行性。

1 材料与方法

1.1 材料

对照:取自然风干的整株玉米秸秆切短,用 1 mm[1]筛孔植物性粉碎机粉碎, 装瓶备用。

复合处理玉米秸秆 A (以下称“料 A”): 取整株自然风干的玉米秸秆, 用筛孔径 2.5 cm 粉碎机粉碎。秸秆中添加石灰 4%(以秸秆风干重计)混匀, 尿素 4% (以秸秆风干重计) 溶于水中, 均匀喷洒到加好石灰的秸秆上, 加水至秸秆含水量 40% 为止。混匀的料装塑料袋 (高 1.5 m, 直径 1 m) 压实贮藏。平均气温 20 °C, 贮藏 30 d。开袋后按四分法取样, 65 °C 烘干制成风干样, 用 1 mm 筛孔植物性粉碎机粉碎, 装瓶备用。

复合处理玉米秸秆 B (以下称“料 B”): 添加石灰 8%、尿素 1%, 其余过程同料 A。

复合处理玉米秸秆 C (以下称“料 C”): 添加石灰 8%、尿素 2%, 其余过程同料 A。

1.2 试验方法

1.2.1 体外产气试验

发酵装置的安装: 用恒温震荡水浴锅控制发酵温度, 温度及震荡速度可调。用广口瓶作为发酵瓶, 配有三口胶塞, 分别用于通 CO₂、接 U 型压力计和排气。

缓冲液的配制: 缓冲液按 Russell 等(1984)[2]的方法配制。

发酵底物分 4 个处理, 即对照、料 A、料 B 和料 C, 每个处理设 3 个重复, 每个重复取 400 mg[3]分装于发酵瓶中, 同时设三个空白发酵瓶以校正产气量。

晨饲前分别从 4 只装有永久瘤胃瘘管的绵羊取瘤胃液 100 ml 立即装于充满 CO₂ 的瓶中混合, 4 层纱布过滤



后将缓冲液与瘤胃液按 2:1 的比例混合,分别取 60 ml 注入发酵瓶中。发酵瓶提前在 39 °C 水浴锅预热。分别记录 2、4、6、12、24 和 48 h 产气量,并以空白校正。

1.2.2 瘤胃尼龙袋试验

试验用 4 只装有永久瘤胃瘘管的绵羊,每天 8:00、18:00 先粗后精各饲喂一次,自由饮水。饲喂水平同产气试验中瘤胃液采集阶段。

用 300 目尼龙布制成 3 cm×10 cm 的尼龙袋,分别装入 3 g 左右的底料,底料提前制成绝干样,每个处理设两个重复。

试验采用 4×4 拉丁方设计,分别测定 4 种底料 6、12、24、48 和 72 h 干物质降解率。试验结束后将尼龙袋用清水冲洗、浸泡至水澄清,然后 65 °C 烘至恒重。将袋中残渣转移至样品瓶中,待测干物质。

1.3 数据处理

用 SPSS13.0 软件对体外产气量及尼龙袋干物质降解率作方差分析及相关性分析。

2 结果与讨论

2.1 体外产气量分析(见表 1、图 1)

表 1 不同时间点各发酵底物产气量(ml)

项目	产气时间(h)					
	2	4	6	12	24	48
对照	1.67±1.53	6.67±3.21	11.70±2.52 ^a	19.00±2.65 ^b	25.67±2.89 ^c	28.33±2.31 ^d
料 A	2.33±2.52	10.30±2.31 ^{bc}	17.00±1.73 ^c	31.67±0.58 ^d	47.33±1.53 ^e	55.33±1.53 ^f
料 B	1.33±0.58	6.67±1.53	10.70±2.31 ^a	18.00±2.65 ^b	25.67±3.21 ^c	32.33±4.93 ^d
料 C	2.00±1.00	4.67±1.15 ^a	9.67±1.15 ^a	18.33±2.89 ^b	27.67±7.51 ^c	33.33±9.07 ^d

注:同列数据,肩标相邻字母表示差异显著(P<0.05),相同字母表示差异极显著(P<0.01),表 2 同。

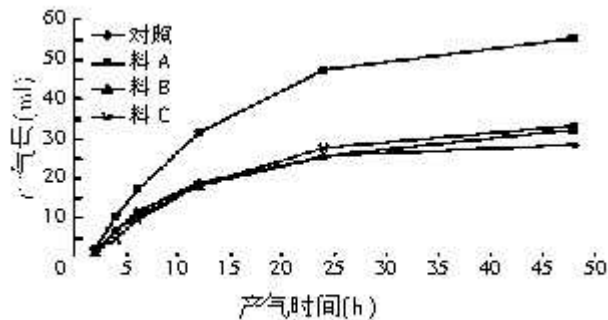


图 1 不同时间各发酵底物产气量

由图 1 中可以看出,各料在试验过程中产气规律基本一致,随发酵时间的延长,产气量均呈上升趋势。2~24 h 产气速率较高,24~48 h 产气速率下降,产气量趋于平缓,但仍有明显的上升趋势,这与严学兵(1991)[4]用体外法测定牧草产气量变化规律基本一致。玉米秸秆因自身粗蛋白含量低,在复合处理后可供瘤胃微生物利用的 N 源相对较充足,使能够直接利用 NH₃-N 的微生物活性增强,进而其纤维分解能力增强,因此产气量随尿素含量的增加而增加。但体外培养条件下,培养物没有后送,发酵产物 VFA 和 NH₃-N 积存,在瘤胃微生物大量增殖的情况下,其生长内环境发生改变,增殖数达到饱和后瘤胃微生物即出现自溶现象,因此在后期产气量的增加趋于缓慢。程鹏辉等(2007)[5]研究表明,牧草品质越好,产气量越大。料 A 在发酵 6 h 后产气量均显著高于其它 3 组料,说明其可发酵底物较多,发酵性能优于其它 3 组料。从整体产气水平看,经复合处理的玉米秸秆产气量均高于对照组,而且尿素添加水平越高产气量越大。

2.2 尼龙袋干物质降解率分析(见表 2、图 2)



表2 不同时间点各底物干物质降解率(%)

项目	瘤胃滞留时间(h)				
	6	12	24	48	72
对照	10.03±1.28 ^a	14.01±2.32 ^a	20.13±2.20 ^a	29.40±1.58 ^a	37.02±3.57 ^a
料 A	11.93±0.60 ^a	16.65±2.07 ^a	26.39±1.61 ^a	44.75±1.24 ^a	48.38±1.00 ^a
料 B	10.69±1.87 ^a	14.31±1.74 ^a	22.64±2.59 ^a	33.94±2.63 ^a	42.14±2.28 ^a
料 C	11.32±1.84 ^a	14.12±2.70 ^a	25.48±3.49 ^a	40.99±5.50 ^a	45.03±5.20 ^a

从图2中可以看到,随着滞留时间的延长,4种料的干物质降解率均递增,48h后,降解速率下降。从48h降解率看,料A显著高于料C(P<0.05),极显著高于料B和对照组(P<0.01),降解率依次提高了3.76、10.81和15.35个百分点,这是由于尿素处理提高了秸秆的干物质降解率。玉米秸秆的粗纤维含量很高,粗蛋白含量却比较低,经复合处理后,纤维素软化,由于氨态氮和铵盐的形成,大大提高了粗蛋白含量,也提高了绵羊瘤胃微生物区系的纤维素酶活性,所以更容易被消化。而且复合处理的玉米秸秆可有效提高瘤胃pH值,更有利于秸秆饲料的消化,因此,随添加尿素量的增加,秸秆干物质消失率也会增加。复合处理过程中,氢氧化钙可加速尿素的氨化作用或尿素加强了氢氧化钙的碱化作用,从而使秸秆的消化率有了很大的提高,王清华等(2005)[6]的试验也有同样结果。毛华明等(1991)[7]、潘存霞等(2007)[8]还证明在一定的范围内,随着尿素添加水平的提高,秸秆的处理效果也会越来越好。

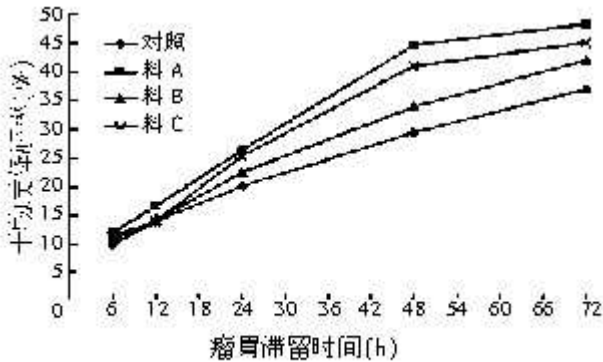


图2 不同时间点各底物干物质降解率

2.3 相关性分析

从图1、图2中可以看出,随时间的增加,对照组、料A、料B及料C的体外产气量与尼龙袋干物质降解率都明显递增。以尼龙袋法体内干物质降解率测定值为Y,以体外产气法测定产气量值为x,建立回归方程见表3。

表3 体外产气与干物质降解率相关及显著性

项目	回归方程	相关程度及显著性
对照	$Y=0.078x-2.05x+23.743$	0.967 ^a
料 A	$Y=0.027x-1.181x+25.001$	0.964 ^a
料 B	$Y=0.041x-0.677x+13.266$	0.999 ^a
料 C	$Y=0.068x-1.694x+21.52$	0.994 ^a

注:上柱^a表示相关度显著(P<0.05),下柱^a表示相关度极显著(P<0.01)。

由表3可以看出,两者呈高度非线性相关,且相关度达到显著(P<0.05)或极显著(P<0.01)水平,相关系数分别为0.967、0.964、0.999和0.994。谢春元等(2007)[9]对苜蓿、玉米秸秆及玉米青贮等饲料营养价值的研究结果也表明,体外产气法能准确地反映饲料的发酵和干物质降解情况,但两种方法受饲料类型同异的影响。本试验中,我们使用了同类型的发酵底物,只是经复合处理后,结构略有差异,因此所得结果相关度极高。李莉(2001)[10]用苜蓿、混合牧草、稻草、玉米秸秆及麦秸做体外发酵试验也证明,产气量的高低与干



物质降解率呈正相关。饲料不同组分降解时产气量不同, 纤维素>淀粉>蛋白质, 此外, 产气量还与饲料的瘤胃微生物可利用性相关(Fergus, 2003) [11]。本试验中料 A 总产气量极显著高于其它 3 组料, 是由于在玉米秸秆的复合处理过程中料 A 的秸秆结构被破坏的程度较大, 微生物更容易利用。而产气底物的最主要成分是碳水化合物, 容易发酵的饲草产气量较高。

3 结论

试验进一步证明了饲料体外发酵产气量与体内干物质降解率存在高度正相关。尼龙袋法可以直观地说明各种饲料的营养价值, 而体外产气法可以说明饲料的整体降解情况, 因此在对饲料降解性能及潜在可降解部分作快速、定性判断时, 体外产气法可以代替尼龙袋法。

本试验中采用的发酵底物较单一, 所得数据仅能代表结构特点相似的一类饲料, 如果考虑饲料结构、成分等的特异性, 则体外产气量与饲料体内干物质降解率相关性会更好。

参考文献

- [1] Gerson T., King A S D, Kelly K. E. et al. Influence of particle size and surface area on in vitro rates of gas production, lipolysis of triacylglycerol and hydronation of linoleic acid by sheep rumen digesta or *Ruminococcus flavefaciens*[J]. *J. Agric. Sci.*, 1988(110):31-37.
- [2] Russell J B, Jeraci J L. Effect of carbon monoxide on fermentation of fiber, starch, and amino acids by mixed rumen microorganisms in vitro[J]. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1984, 48:211-217.
- [3] 熊北海, 卢德勋, 许冬梅. 利用体外法研究粗饲料的产气曲线及 5 种养分的发酵系数[J]. *畜牧兽医学报*, 2001, 32(2):113-121.
- [4] 严学兵. 牦牛对高寒牧区天然草地和人工草地牧草消化性的研究[M]. 北京: 农业出版社出版, 1991.
- [5] 程鹏辉, 廖新伟, 吴银宝. 利用猪粪液为菌源体外发酵产气法评价牧草纤维品质[J]. *草业学报*, 2007, 16(5):61-69.
- [6] 王清华, 贺永惠, 张海棠. 快速氨化玉米秸秆的方法研究[J]. *河南农业科学*, 2005(11):103-105.
- [7] 毛华明, 冯仰廉. 尿素和氢氧化钙处理作物秸秆提高营养价值的研究[J]. *中国畜牧杂志*, 1991, 5(27):3-5.
- [8] 潘存霞, 宋代军, 王永雄. 不同尿素水平对氨化秸秆消化率的影响[J]. *畜牧与饲料科学*, 2007, 28(1):44-46.
- [9] 谢春元, 杨红建, 么学博, 等. 瘤胃尼龙袋法和体外产气法评定反刍动物饲料的营养价值的比较[J]. *中国畜牧杂志*, 2007, 43(17):85-89.
- [10] 李莉. 体外法研究肽对瘤胃液 pH、氨氮浓度、菌体蛋白氮浓度、中性洗涤纤维降解率及其产气量的影响[D]. 内蒙古农业大学, 2001.
- [11] Fergus L M. Predicting feed quality-chemical analysis and in vitro evaluation[J]. *Field Crops Research*, 2003, 84:31-44.

(编辑: 张学智, mengzai007@163.com)

张文璐, 东北农业大学动物营养研究所, 150030, 黑龙江省哈尔滨市东北农业大学动物营养研究所 121 室。
李杰(通讯作者)、吕元勋, 单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期: 2009-02-12

