

# 底物浓度对产甲烷菌群产气性能的影响

刘 杰,王大蔚,裴占江

(黑龙江省农业科学院 农村能源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**试验设置6种不同TS浓度(2%、4%、6%、8%、10%、12%)的牛粪发酵液,在保持相同的恒温条件下,对比各处理在发酵过程中的产气量,沼气中 $\text{CH}_4$ 含量,pH变化情况。结果表明:发酵浓度不同,甲烷的产量也不同,以TS 6%、8%最高,10%、12%次之,4%、2%和CK较低,但是各处理产气高峰出现的时期相同。在相同的发酵温度条件下,沼气中的 $\text{CH}_4$ 含量与发酵浓度有关,牛粪料液浓度越高沼气中的 $\text{CH}_4$ 含量越高,试验的6种发酵浓度,以TS 12%的处理 $\text{CH}_4$ 含量最高,平均可达50%以上。发酵浓度不同的牛粪发酵料液在启动发酵初期,pH均下降,然后上升,后期又趋于稳定,发酵浓度越大,越易发生酸化。

**关键词:**牛粪;底物浓度;甲烷含量;pH

**中图分类号:**S216.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)06-0139-03

沼气发酵技术是建设社会主义新农村、缓解我国农村能源紧张和降低环境污染的重要途径之一。发酵的工艺参数对沼气产气量和质量影响很大,采用合适的发酵工艺参数是高效生产沼气的关键<sup>[1]</sup>。因此农村户用沼气池的投料发酵浓度高低对沼气产量、沼气中的甲烷含量的影响及发酵浓度,一直是沼气技术工作者探讨研究的问题<sup>[2]</sup>。该试验发酵浓度设2%、4%、6%、8%、10%和12%在保持30℃恒温、厌氧的条件下,每天测发酵液的pH和沼气产量及沼气中的甲烷含量,通过不同发酵浓度的对比,探索不同发酵浓度对所产沼气总量和甲烷含量的关系,找出最佳的牛粪投料浓度,为科学指导农村户用沼气生产技术提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 菌种 混合菌由黑龙江省农业科学院农村能源研究所从沼气发酵罐中提取沼液分离得到。

1.1.2 培养基 1 L培养基中的基本成分包括: $\text{MgCl}_2$  0.1 g,  $\text{NaCl}$  3.0 g,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1.0 g,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.4 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.4 g, 半胱氨酸 0.5 g, 酵母膏 5.0 g。无机盐溶液 25.0 mL, 维生素液 10.0 mL。微量元素液 10.0 mL, 0.2%刃天青 0.2 mL, pH 7.0。

1 L 无机盐溶液包括:  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  12 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  12 g,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  12 g,  $\text{NaCl}$  12 g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  12 g,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  12 g。

1 L 维生素液中包括: 钴氨素 0.010 g, 抗坏血酸 0.025 g, 核黄素 0.025 g, 柠檬酸 0.020 g, 吡多醛 0.050 g, 叶酸 0.010 g。对氨基苯甲酸 0.010 g, 肌酸 0.025 g。

1 L 微量元素液中包含:  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.01 g,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.05 g,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.01 g,  $\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_3$  1.00 g,  $\text{CaCl}_2$  0.01 g,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  0.01 g,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.20 g,  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$  0.01 g,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.10 g,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.02 g,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.10 g。

### 1.2 方法

1.2.1 试验装置 试验装置为黑龙江省农业科学院农村能源研究所实验室自行设计的小型厌氧发酵装置,主要由发酵瓶与集气装置组成。

1.2.2 培养方法 向250 mL血清瓶中注入100 mL培养基,充氮脱氧后灭菌备用;取出菌种,同时将菌种打碎;用无菌注射器取打碎后的发酵菌种。按体积比为1:4的比例接种到装有液体培养基的血清瓶中;取烘干后的牛粪按不同浓度加入到血清瓶中,共设6个浓度梯度,将接种完成的血清瓶置于30℃条件下富集培养。每个处理设3次重复。

1.2.3 分析方法 气相组分由气相色谱仪(GC-7890A,美国安捷伦科技有限公司生产)测定,使用热导检测器(TCD);气化温度100℃,柱温50℃,检测器温度250℃;高纯氮气、氢气为载气,流量为30 mL·min<sup>-1</sup>。通过外标法定量分析气体中各组分的含量。所产生的气体用排水法收集

收稿日期:2010-01-29

基金项目:哈尔滨市科技创新人才研究专项资助项目(RC2009QN008006);黑龙江省农业科学院创新工程资助项目

第一作者简介:刘杰(1974-),男,黑龙江省延寿县,人,博士,副研究员,从事可再生能源研究。E-mail: liujie1677@126.com。

和计量。

2 结果与分析

2.1 沼气发酵过程中日产气量和产气总量的变化

接种量对沼气发酵产气量的影响明显。由图 1 可知,接种后第 3~4 d,各处理出现第一个产气高峰,日产气量平均可达到 60 mL,随后产气量迅速降低。25~35 d 出现第二个产气高峰,日产气量平均可达到 70 mL,接种量 6%、8% 的处理产气量最高,10% 处理次之。4% 以下的处理,12% 的处理在整个发酵周期内均未出现产气高峰,产气量小。由图 2 可知,发酵 40 d 的总产气量,以接种量 6%、8% 最高,达到显著水平,10%、12% 次之,4%、2%、CK 较低。

接种量大小对产气量的影响,是因为接种量大,接种的混合微生物菌群的数量就多,可分解利用的底物也多,在一定范围内,表现出产气量随接种增加而增大的趋势<sup>[3]</sup>。但沼气的产量是由多种微生物菌群协同作用的结果,不会随着接种量的增加而增大。当干物质浓度大于 6% 时,就会呈现下降的趋势,这也与干物质浓度较高,产酸菌活性也高,产甲烷菌群与产酸菌群没有达到一个平衡有关<sup>[4]</sup>。

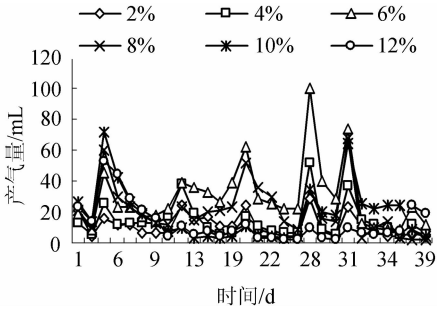


图 1 日产气量变化

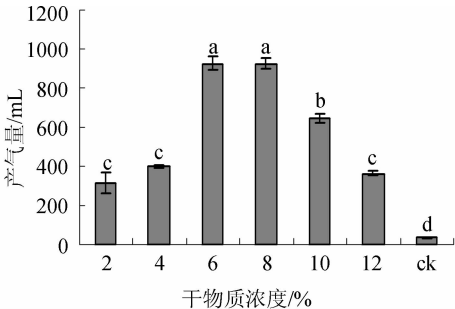


图 2 沼气发酵总产气量

2.2 不同底物浓度对沼气发酵过程中甲烷含量的影响

沼气的质量主要由 CH<sub>4</sub> 的百分含量决定。

由图 3 可知,各处理甲烷含量在 20 d 之前含量较低,低于 40%,没有达到正常水平,在 20 d 后,CH<sub>4</sub> 含量达到 40%~50% 以上,基本达到了正常水平,与产气量的第 2 个峰值一致。由图 4 可知,在整个发酵周期内各处理的平均甲烷含量随着干物质浓度的增加而提高,12% 的处理可达到 50% 以上,6% 的处理可达到 40%。这可能由于产酸菌较多,产生的酸类也多,甲烷菌利用小分子酸作为底物,所产生的甲烷纯度较高,但是所产生的沼气总量较少,因为产酸菌过多抑制了产甲烷菌群的活性<sup>[5]</sup>。

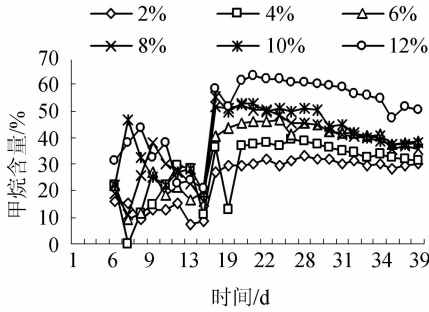


图 3 CH<sub>4</sub> 百分含量随时间的变化

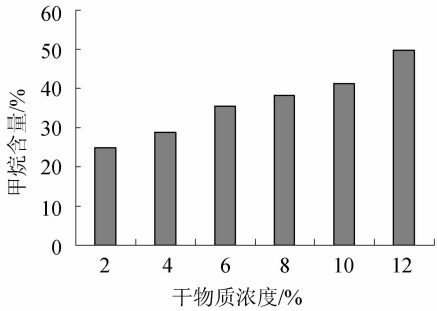


图 4 沼气发酵平均 CH<sub>4</sub> 含量

2.3 不同底物浓度条件下厌氧发酵液 pH 的变化

由图 5 可知,6% 的处理料液 pH 的变化范围为 5.8~6.8,低峰值出现在发酵开始后的第 6 天左右;第 6~13 天后,料液 pH 恢复到 6.4 以上;以后维持在 6.4~6.5,产气量也很稳定,这说明产酸菌与产甲烷菌达到了一个平衡的条件。由图 6 可见,干物质浓度大于 8% 以后就会产生酸化现象,降低产甲烷菌群的活性,干物质浓度小于 4%,产酸菌活性不高,造成产甲烷菌群可分解利用的底物较少,从而影响产气,pH 也没有明显的变化。

厌氧发酵初期,由于多种厌氧和兼性厌氧细菌对纤维素、糖类、蛋白质和脂类进行水解,形成有机酸等中间产物,使发酵体系 pH 偏低。同时为产甲烷细菌提供了充足的底物,随着厌氧发酵

的进行,产甲烷菌群数量增加,这提高了产酸阶段的产物利用率,消耗料液中的有机酸,同时料液的氨化作用,使体系的 pH 随之升高。但是如果接种量过高,前期所产生的有机酸过多,就会抑制产甲烷菌群的活性。如果偏低产甲烷菌群所分解利用的酸类又供应不上,也会影响产气量,因此,只有产甲烷群与产酸菌达到一个平衡,产气量才会理想<sup>[6-7]</sup>。

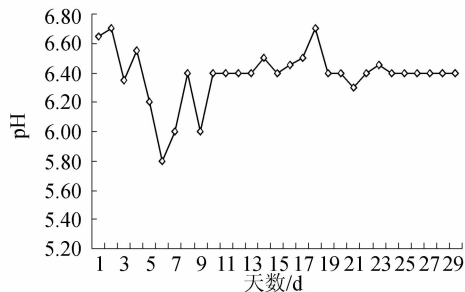


图5 pH 随时间的变化曲线

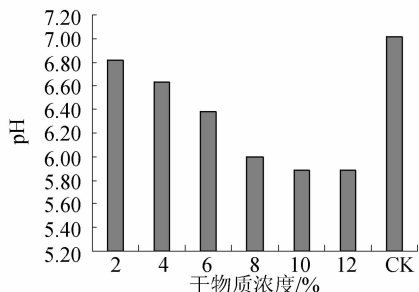


图6 沼气发酵平均 pH

### 3 结论

发酵浓度不同,甲烷的产量不同,以接种量 6%、8% 最高,10%、12% 次之,4%、2%、CK 较低。但是各处理产气高峰出现的时期相同。

在相同的发酵温度条件下,沼气中的  $\text{CH}_4$  含量与发酵浓度有关,在该次试验中,牛粪料液浓度越高沼气中的  $\text{CH}_4$  含量越高,试验中的 6 种发酵浓度,以 TS12% 的处理  $\text{CH}_4$  含量最高,平均可达 50% 以上。

不同发酵浓度的牛粪发酵料液在启动发酵初期, pH 均下降,中期上升,后期又趋于稳定,发酵浓度越大,越易发生酸化。

#### 参考文献:

- [1] 赵洪,邓功成,高礼安,等. 接种物数量对沼气产气量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(13): 6278-6280.
- [2] 王天光,罗士兵. 沼气发酵接种物的选择对产气率的影响[J]. 中国沼气, 1984(4): 15-16.
- [3] 张克强. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 马传杰,花日茂,郭亮. 接种量对牛粪厌氧干发酵的影响[J]. 家畜生态学报, 2008(5): 81-84.
- [5] 张碧波,曾光明,张盼月,等. 高温厌氧消化处理城市有机垃圾的正交试验研究[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(2): 87-89, 115.
- [6] 叶诗瑛. 城市有机垃圾厌氧消化工艺条件研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.
- [7] 吴满昌,孙可伟,李如燕,等. 城市有机生活垃圾高温厌氧转化生物质能研究[J]. 能源与环境, 2005(5): 44-46.

## Effect of Fermentation Concentrations on the Efficiency of Methanogenic Bacteria

LIU Jie, WANG Da-wei, PEI Zhan-jiang

(Rural Energy Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** Six different fermentation concentrations (TS concentration of 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%) of cow dung were tested in this study under the same temperature condition. Changes of the pH,  $\text{CH}_4$  content in the biogas gas under different concentrations were compared. It showed that: biogas production was different because of different fermentation concentration, with the highest of TS 6%, 8%; 10%, 12% were second; 4%, 2%, CK were the lowest. However, the all treatments of the highest gas production present at the same period. The content of  $\text{CH}_4$  concentration was associated with fermentation concentration under the same temperature condition. The higher concentration of cow dung the higher content of  $\text{CH}_4$ , the highest is TS 12% which reach more than 50%. In all treatments, pH was decreased in different levels at very starting period and then increased gradually and then went stable, the more fermentation concentration the easier acidification.

**Key words:** cow dung; fermentation concentration;  $\text{CH}_4$  content; pH