

寒区牛粪稻秆混合厌氧消化产沼气特性研究

裴占江,王大蔚,高亚冰,孙 彬,王 粟,刘 杰

(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:选取黑龙江省典型生境沼气池污泥和原始湿地淤泥,经低温富集后活性较高的菌种样品,采用牛粪和稻秆混合作为原料,根据 TS 不同比例,设置 5 个配比组,在 20℃ 恒定温度下,研究了寒区混料配比产沼气工艺特性。结果表明:混合发酵是提高厌氧发酵效果的有效方法。其中以粪草比 3:1 产气效果最好,而稻秆比例越高,产气量越低。在保持相同发酵浓度和温度的条件下,其产气量以及甲烷含量的大小顺序为: T2>T3>T4>T5>T1, T2>T5>T3>T4>T1。

关键词:牛粪;稻秆;沼气

中图分类号:S216.4

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)09-0046-03

沼气是一种可稳定供应的清洁可再生能源,它集环保、能源、资源再利用为一体^[1]。在我国,随着经济的快速发展,能源资源供需矛盾突出,能源问题日趋受到重视,尤其是沼气发酵技术发展迅速,已经成为提高农村畜禽粪便和农作物秸秆资源化利用的有效途径^[2-4]。但在我国北方地区,由于冬季寒冷、漫长,自然条件下的生物菌种难以适应,寒区低温沼气发酵技术存在一定技术瓶颈,发展较慢^[5-6]。

近年来,在沼气发酵工艺上,单一原料发酵已得到深入细致的研究,并形成了较成熟的技术体系。但人畜粪便含有较多的易分解化合物,发酵周期较短,而农作物秸秆含纤维素木质素多,发酵周期长^[7-8]。因而粪便和秸秆混合发酵,不仅可以弥补单一原料的发酵缺陷,还能解决秸秆在发酵时易浮料结壳的缺点,提高发酵效果^[9]。

因此,现以富集出的寒区产甲烷菌群为菌种,牛粪与稻秆两种原料按不同比例混合发酵,系统研究寒区混料配比产沼气工艺特性,旨在为今后有关低温沼气混料发酵的实际应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

接种菌种选取采集于黑龙江省典型生境沼气

池污泥及原始湿地淤泥,经低温富集后活性较高的样品。牛粪选用黑龙江省农业科学院畜牧研究所奶牛场牛粪,装入塑料桶密闭 20℃ 堆沤,堆沤时间为 30 d。同时测量其生理生化指标。稻秆来源于黑龙江省农业科学院试验田,测量其生理指标后,将稻秆粉碎成长度 2~3 cm,加 1:1 的水和沼液浸湿,装入塑料桶内密封 20℃ 堆沤,每隔 3 d 搅拌一次,堆沤时间为 30 d^[10]。

1.2 试验装置

采用自行设计的厌氧消化反应器,主要由 5 L 的广口瓶和 1 L 的量筒组成,分别作为原料的消化瓶、沼气集气瓶和集水量筒。用乳胶管连接组成一套气体连通装置,消化瓶和集气瓶必须保证严格的密封,同时设置取气口和取液口,采用玻璃胶配合橡胶塞进行密封,并随时进行气密性检查。

1.3 检测方法

干物质含量(TS):105℃ 干燥恒重法测定;挥发性固体含量(VS):50℃ 马弗炉灼烧恒重法测定;分光光度计比色法测定其吸光值;安捷伦 7890A 气相色谱法测定甲烷含量;排水法测定产气量;产气量每日定时测量,其它指标每 6 d 取样进行测量。

1.4 试验设计

发酵原料为牛粪和稻秆,试验设 5 个配比组,即原料干物质比例分别为 0:1,3:1,1:1,1:3,1:0,5 个配比组合分别记为 T1、T2、T3、T4、T5。按 8%TS 配置发酵料液,接种量为 20%,发酵天数为 60 d。共使用 10 套反应器,每组试验做 2 个平行样品,结果取其平均值。在 5 L 的玻璃广口

收稿日期:2012-03-02

基金项目:哈尔滨市科技局青年基金资助项目(2010 RFQYN092);2010 年度黑龙江省农业科学院院级青年基金资助项目

第一作者简介:裴占江(1980-),男,黑龙江省木兰县人,在读博士,助理研究员,从事可再生能源研究。E-mail:neapzj@163.com。

通讯作者: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。

瓶里分别装入搅拌均匀的发酵料液 2 400 g, 再加入 600 g 的接种物。试验在 20℃ 恒定温度下进行, 在试验过程中, 同时加料, 同时开始。采用排水集气法, 每天定时测量产气量及各项指标。

2 结果与分析

2.1 牛粪与稻秆混合的厌氧发酵

由图 1 可看出, 20℃ 下, 除 T1 处理外, 各处理都能在较短时间内启动发酵并正常产气。发酵初期, 除 T5 处理产气速率较快外, 其余各组产气速率相差不大, 随发酵进行, 各组产气速率均经历先增大后减小的过程, 但不同处理间产气高峰出

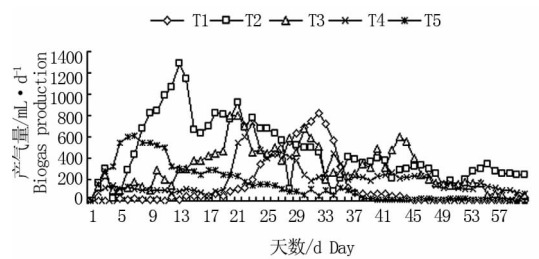


图 1 不同处理日产气量变化

Fig. 1 Change of daily biogas production rates of different treatments

现时间及高峰值存在差别。T5 处理产气高峰最早, 培养 7 d 后达到产气最高值 600 mL·d⁻¹, 随着秸秆比例的增加, 产气时间和产气高峰到达的时间越晚, T1、T2、T3、T4 处理分别在第 12、16、18、20 天达到各自的产气高峰。各处理在 60 d 的发酵过程中产气速率变化趋势显著, 产气峰值明显, 主要产气集中在第 7~20 天, 其平均累积产气量占总累积产气量的 60% 以上。产气峰值过后, 各组产气量都呈明显的下降趋势 (见图 2)。试验结束时, 不同处理的累积产气量分别为 8 347、27 270、18 376、12 454、9 420.62 mL, 即 T2>T3>T4>T5>T1, T2 产气量最高, 但是除了 T1 处理外其余处理都比 T5 处理产气量高, 说明混合发酵可以显著提高寒区沼气产气效率。前 10 d 的产气量, 以 T5 处理最高, 此种现象说明牛粪有较短的发酵启动期, 启动后产气量也比较大, 但持续产气高峰时间较短。秸秆虽然进行了预处理, 启动时间仍然较长, 产气高峰到来的时间较晚, 但产气持续时间较长, 总产气量较高。所以在低温沼气发酵过程中如何控制秸秆与牛粪的比例及产气时间以获得最佳的产气效率, 是寒区沼气发酵

工艺的关键。

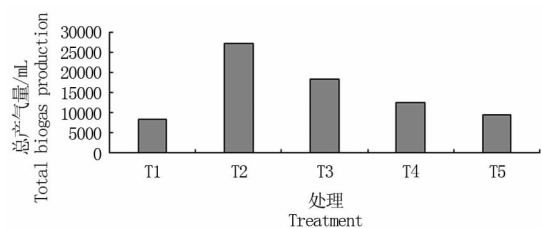


图 2 不同处理累计产气量变化

Fig. 2 Change of the total biogas production rates of different treatments

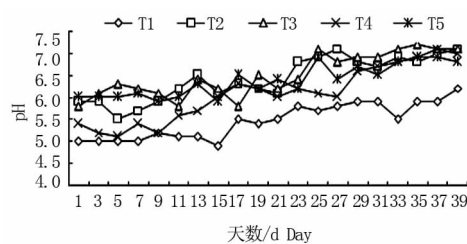


图 3 不同处理对 pH 的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on pH

2.2 牛粪与秸秆配比对 pH 及甲烷含量的影响

由图 3 可知, pH 在试验过程中基本稳定, pH 均呈先稳定后增加的趋势, 并没有呈现明显的先下降后增加再保持稳定的趋势, 主要是因为秸秆在预处理的过程中, 积累了一部分酸, 导致在起始时整个反应体系 pH 较低, 而寒区甲烷菌群活性较高, 大部分小分子酸被及时分解利用, 使得 pH 较为稳定。其中 T1 处理 pH 最小, 依次为 T4<T3<T2<T5, T5 整个反应过程 pH 一直较为稳定。

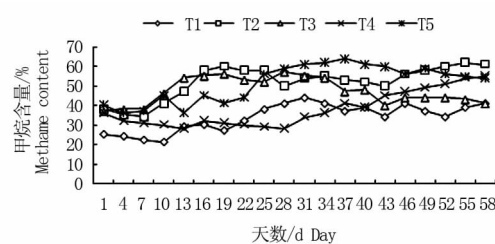


图 4 不同处理对甲烷含量的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on content of methane

由图 4 可看出, 各处理甲烷含量均呈现先上升最后趋于稳定的趋势, T2 处理甲烷含量最高, 可达 60% 以上, 平均甲烷含量 52%, T1 处理平均甲烷含量最低只有 33.8%, 甲烷含量依次为 T2>T5>T3>T4>T1。产气量越高, 甲烷含量也越

高。分析其原因是发酵原料中水稻秸秆比例越小,越利于沼气发酵及甲烷的生成,相反,秸秆越多越不利于产气和甲烷的生成,如 T2 处理甲烷的最高含量达到了 62%,而 100% 秸秆处理的甲烷最高含量也只有 44% 左右。原因可能是纯秸秆作原料发酵产气缓慢,导致沼液中甲烷含量上升也慢。

3 结论与讨论

研究表明,原料对比对发酵效果有显著影响,主要体现为累积产气量的差异。混合后发酵效果显著好于牛粪与稻秆单独发酵效果,原料混合发酵是提高沼气发酵效果的有效方法。该试验中以粪草比 3:1 产气效果最好,稻秆比例越高,产气量越低,100% 秸秆的产气量最少。但牛粪与稻秆究竟采取多大的百分比才能达到最佳的发酵效果,尚需做进一步的研究探讨。

在保持相同发酵浓度、温度的条件下,牛粪与稻秆按不同的原料配比进行沼气发酵试验,其产气量的大小顺序为: T2>T3>T4>T5>T1,而所产沼液中甲烷的含量大小顺序为 T2>T5>T3>T4>T1。表明牛粪中所加的秸秆越少,其

产气总量和甲烷含量就越高,纯秸秆原料也能产气,但发酵慢、产气量较低。

参考文献:

- [1] 陈小华,朱洪光. 农作物秸秆产沼气研究进展与展望[J]. 农业工程学报,2007,23(3):279-283.
- [2] 刘德江. 玉米秸秆与牛粪混合原料的沼气发酵试验[J]. 中国沼气,2009,27(4):13-15.
- [3] 刘战广,朱洪光,王彪,等. 粪草比对干式厌氧发酵产沼气的效果的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(4):196-200.
- [4] 楚莉莉,李铁冰,冯永忠,等. 猪粪麦秆不同比例混合厌氧发酵特性试验[J]. 农业机械学报,2011(4):100-104.
- [5] 裴占江,王大慰,张楠,等. 温度对产甲烷菌群发酵性能的影响[J]. 黑龙江农业科学,2009(5):128-129.
- [6] 裴占江,王大慰,高亚冰,等. 低温产甲烷菌群的富集效果研究[J]. 可再生能源杂志,2012(1):52-54.
- [7] 贺延龄. 废水的厌氧生物处理[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998:30-50.
- [8] 边义,刘庆玉,李金洋. 玉米秸秆干发酵制取沼气的试验[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(3):440-442.
- [9] 李木子,孙军德. 猪羊粪及其配比发酵沼气试验初报[J]. 微生物学杂志,2010(2):95-98.
- [10] 石利军,孙杰,孙占潮,等. 畜禽粪便稻草混合干式发酵产沼气试验研究[J]. 天津农业科学,2011,17(4):5-9.

Study on Characteristics of Biogas Production in Anaerobic Digestion of Mixture of Cow Dung and Straw in Cold Region

PEI Zhan-jiang, WANG Da-wei, GAO Ya-bing, SUN Bin, WANG Su, LIU Jie

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

Abstract: Taking high activity microbial flora as samples, which from sludge of digesters and pristine wetland selected in typical habitats of Heilongjiang province enriched in low temperatures, taking mixture of cow dung and straw as raw material, according to different proportion of TS to set up five matched groups, the experiment on characteristics of biogas production in anaerobic digestion of mixture in alpine region was conducted under constant temperature of 20℃. The results showed that mixed fermentation was an effective way to improve anaerobic fermentation. Biogas production showed best at cow dung and straw was 3:1, the higher the proportion of straw, the lower biogas production. Under the condition of the same of TS and temperature, biogas production and content of biogas of the order were: T2>T3>T4>T5>T1 and T2>T5>T3>T4>T1.

Key words: cow dung; straw; biogas