

提高低温沼气发酵效果的研究

王 粟,刘 杰,裴占江,孙 彬,高亚冰,王大蔚,左 辛

(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:为了促进寒区沼气生产,通过在低温条件下对产甲烷菌群的传代富集,以及沼气促进剂的投放,研究提高低温沼气发酵的效果。结果表明:第一代累计产气量 100.0 mL,甲烷含量为 45% 左右,第五代为 338.3 mL,第六代则达到了 367.7 mL,甲烷含量也增至 65% 以上;在第五代中筛选出的高效产甲烷菌群中投入促进剂,累计产气量可达到 428.0 mL,增加产气率达 40% 以上,甚至超过了第六代产气效果 16.4%。可见,随着代数的增加,菌群数量、产气量均相对增加,启动时间逐渐缩短;而沼气促进剂也能够增加甲烷发酵的效率,从而大幅提高产气量。

关键词:低温;沼气;发酵;富集;沼气促进剂

中图分类号:S216.4

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)05-0053-04

沼气是生物质经过多种微生物联合厌氧消化作用而生的可燃气。厌氧消化就是在无氧的条件下,由兼性厌氧菌和专性厌氧菌联合降解有机物,最终生成二氧化碳和甲烷等气体的过程^[1]。影响沼气发酵的因素很多,其中包括原料成分、接种物种类、温度和 pH 等^[2]。而在我国北方,冬季漫长寒冷,温度成为影响沼气发酵的一个重要因素,农村户用沼气的使用和推广也受到严重制约,所以增强寒区沼气发酵系统中的发酵菌群在低温条件下的生理活性,提高寒区沼气利用技术及方法,成为目前亟待解决的问题^[3-4]。

该文对在黑龙江省不同生境收集到的菌群资源进行富集,通过生物强化发酵,筛选出低温高效产甲烷菌群;另外,采用技术组装,通过投入外源性添加剂对沼气发酵效果的影响^[5]进行研究,来提高寒区沼气发酵菌群的活性,增加产沼气率,以期为解决寒区沼气在冬季生产应用上提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

收集菌种 56 份,分别来自于黑龙江省各典型

生境。以黑龙江省农业科学院畜牧研究所养殖场奶牛牛粪作为发酵底物进行培养。产沼气促进剂为北京合百意生态能源公司生产,主要为对沼气发酵主要功能菌生长繁殖、酶的合成与激活所需的微量营养和活性因子。

采用自行设计的厌氧消化反应器,主要由发酵装置与集气装置组成,用等压排水法每日检测产气量。甲烷含量由美国安捷伦科技有限公司生产的 GC-7890A 气相色谱仪进行测定,通过外标法分析气体中各组分含量。气化温度 100℃,柱温为 50℃,检测器温度为 250℃,以高纯氮气和氢气作为载气。

1.2 方法

1.2.1 低温菌群富集对沼气发酵效果的影响试验 将 100 mL 培养基注入 500 mL 血清瓶中,充氮脱氧后灭菌;加入 25% 甲酸钠、50% 甲醇各 3 mL,2.5 mol·L⁻¹ 乙酸钠 4 mL;把采集的菌种打碎,用无菌注射器取出,接种到血清瓶中,按与培养基 1:4 的体积比进行接种;在 8~15℃ 进行培养。每代产气高峰结束 20 d 后,富集下一代,富集转移时取 25 mL 培养液接种到培养基中,在同等条件下继续培养。每个处理组设 3 次重复。

1.2.2 沼气促进剂对沼气发酵效果影响试验 向 500 mL 血清瓶中按 8% TS 配置发酵料液,接种量为 20%,并向其中一组加入促进剂(按 75 g·m⁻³ 进行投放),所接菌种为富集五代后筛选出的高效低温产甲烷菌群,在 8~15℃ 进行培养。

收稿日期:2012-03-13

基金项目:哈尔滨市科技局攻关资助项目(2010AA6CN068)

第一作者简介:王粟(1984-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,研究实习员,从事环境科学和可再生能源研究。E-mail: bgp88@126.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。

试验采用单因素随机试验,试验分两组处理,每组设 3 次重复:A 为加入沼气促进剂组,B 为空白试验组。

2 结果与分析

2.1 低温菌群富集对沼气发酵效果的影响

低温产甲烷菌群富集了 6 代,从各代之间产

气量的变化(见图 1)可知,由于第一代接种物为原始菌种,有效菌群数量较少,对新的接种条件适应性较差,预处理时间较长,从而启动时间较长,培养 10 d 后才有微弱的气体产生,这也导致了整个反应周期的产气总量相对较少,启动时其甲烷含量也较低,只有 5% 左右。其余各代,接种 3 d

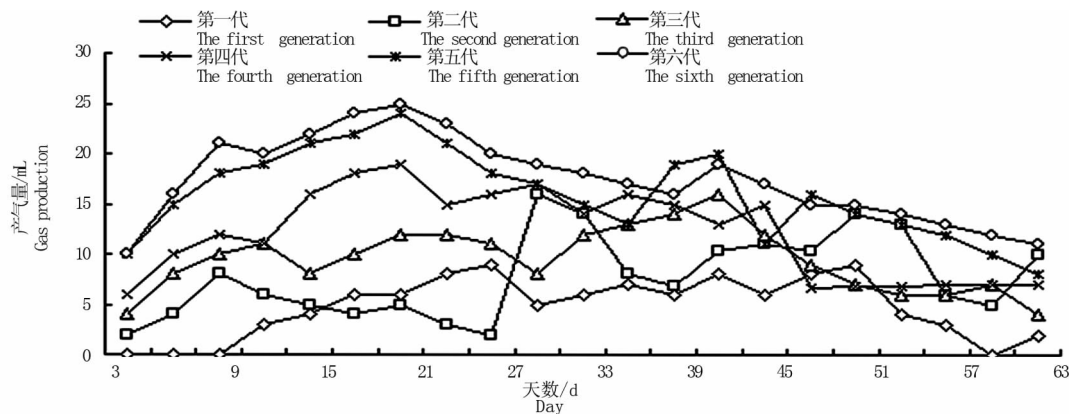


图 1 各代之间产气量的动态变化

Fig. 1 The dynamic changes of gas production between generations

后均有气体产生,随着富集代数的增加,产气量逐渐增多,5 d 后便可收集到大量气体,通过检测,甲烷含量均在 30% 左右,各代产气高峰期多在发酵第 15~30 天,随后产气量逐渐开始下降,能够持续产气 30 d 左右,并趋于稳定。

可见,产甲烷菌群的富集,随着富集代数的增加,其启动时间越短,产气量、甲烷含量以及有效菌群的数量也逐渐增加。其中,与各代间相比,第六代平均日产气量相对最高,且发酵第 9 天便出现产气高峰,且持续时间最长。各代间日产气量的曲线变化规律大致相同,但不同富集代数之间的日产气量存在一定差别。

另外,沼气发酵的适宜 pH 为 6.8~7.4,对低温产甲烷菌群 pH 的日常检测分析,各代间 pH 的变化规律基本相同,各代的 pH 会随着发酵时间延长而逐渐增大,最后稳定在 6.5~7.5,各代的 pH 在整个富集培养过程中,均保持在正常产气所允许的范围内,并无明显波动,反应体系正常,未出现酸化现象。

低温产甲烷菌群的富集,第六代的总产气量最大,累计产气 367.7 mL,第五代到第二代累积产气

量依次为 338.3、252.5、196.7 和 163.2 mL,第一代最少只有 100.0 mL(见图 2);并且随着富集代数的增加,甲烷含量也随之增加,第一代平均甲烷含量只有 45% 左右,其余各代依次为 50%、52%、60% 和 65%,到了第 6 代甲烷含量已经达到 68%(见图 3)。

通过对各代间的总产气量进行方差分析可知,第五代和第六代与其他四代均达到极显著水平(见表 1)。总体来看,低温产甲烷菌群富集随着代数的增加,菌群数量、产气量及其甲烷含量均相对增加。说明在提高单位面积甲烷产率时,有效地对产甲烷菌群进行不断加富,可提高菌群数量及活性,从而达到提高低温产沼气的效率。

2.2 沼气促进剂对沼气发酵效果的影响

低温沼气促进剂的施用效果试验中,发酵系统共运行 60 d,并对日常指标进行监测。随着发酵时间和产气量的不断增加,A、B 两个试验组,pH 不断增大,最后稳定在 6.5~7.5;甲烷含量达到 65%;试验的启动时间、产气高峰期及其日产气量曲线变化规律均大致相同(见图 4),且符合低温菌群富集试验中第五代的特点。B 组的累计产气量为 298.0 mL,而 A 组的日产气量均高于

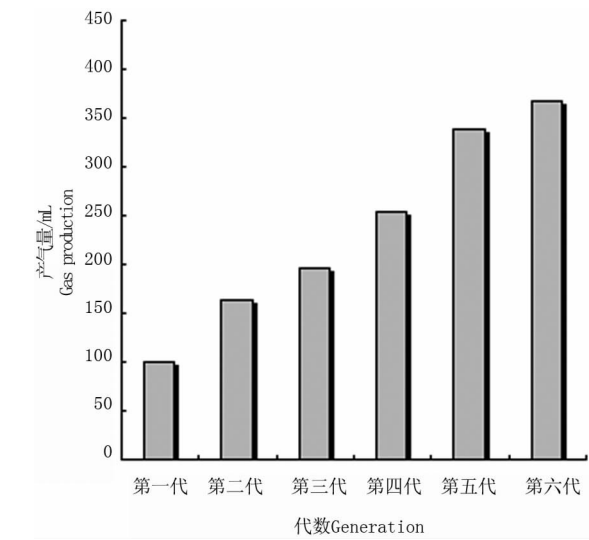


图 2 各代间总产气量对比

Fig. 2 The contrast of gas production between generations

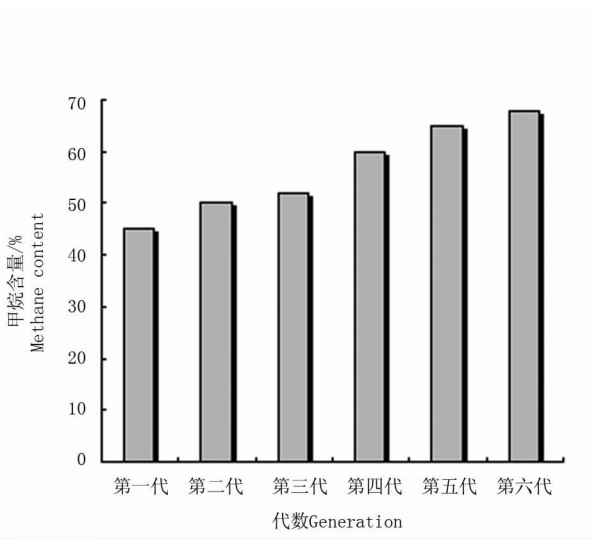


图 3 各代间甲烷含量对比

Fig. 3 The contrast of methane between generations

表 1 各代之间产气量方差分析

Table 1 Variance analysis between generations on gas production

处理 Treatment	平均产气量/mL Mean value of gas production	5%显著水平 The 5% significant level	1%极显著水平 The 1% significant level
第六代 The sixth generation	367.7	a	A
第五代 The fifth generation	338.3	a	A
第四代 The fourth generation	252.5	b	B
第三代 The third generation	196.7	c	C
第二代 The second generation	163.2	c	C
第一代 The first generation	100.0	d	D

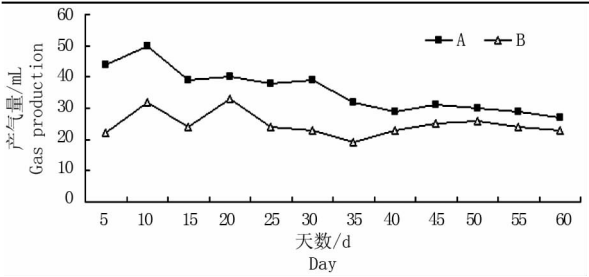


图 4 沼气促进剂对产气量的影响

Fig. 4 Effect of biogas accelerant on the gas production

B 组,且累计产气量达到了 428.0 mL,比 B 组累计产气量增加了 130.0 mL,增加产气率达到 44%。

另外,通过与低温菌群富集试验结果的比较, B 组的累计产气率与第五代产气量相比虽稍有波

动,但已达到第五代的产气特点及效果。而 A 组与各代产气效果比较,累计产气量甚至超过第六代 60.3 mL,增加产气率达到 16.4%。

所以,沼气促进剂的投放,可能会在某种程度上改善沼气发酵体系中甲烷菌群的生活环境,促进产甲烷菌群的活性,从而增加产气效果,与常规发酵相比具有有利的一面。

3 结论与讨论

研究表明,菌群富集试验中,产甲烷菌在经历了第一代的缓慢繁殖后,随着富集代数的增加,产甲烷菌群数量及其活性逐渐增加,到第六代达到最高的水平。第一代累计产气量仅为 100.0 mL,甲烷含量为 45%左右;而第五代为 338.3 mL,第六代则达到了 367.7 mL,甲烷含量也增至 65%。

说明以培养基中有机质为能量来源,可促进产甲烷菌等厌氧菌的繁殖,在这种特定条件下,有利于某些菌群的生长,从而淘汰其它不适应这种环境条件的产甲烷菌。同时在连续富集过程中,各种产甲烷菌生长速率不同,将逐步淘汰生长较慢的产甲烷菌,最终形成具有一定数量规模和活性的优势产甲烷菌群。

在提高单位面积甲烷产率时,有效地对产甲烷菌群进行不断加富,可提高菌群数量及活性,从而达到提高低温产沼气的效率。

将沼气促进剂投放到第五代筛选出的产甲烷菌群中,通过比较可以发现,累计产气量可达到428.0 mL,增加产气率达40%以上,甚至超过了第六代富集菌群的产气效果。

总体看来,随着代数的增加,菌群数量,产气量均相对增加;而沼气促进剂也能够增加甲烷发酵的效率,从而能提高产气量,是因为促进剂能够改变产甲烷微生物的优势菌种种群,同时还能够驯化使菌种活性达到最优。所以,通过产甲烷菌群的富集培养,投放沼气促进剂有利于增加沼气发酵的产气效果,而两项技术的组装更可以大幅提高低温产沼气的效率。

目前,北方寒区在沼气推广应用过程中确实遇到了一些由于低温带来的技术问题和障碍,面对这些难题,众多研究者考虑了很多解决方法。如,考虑将高效的厌氧消化装置与太阳能技术相

结合,通过太阳能收集设备并利用适合的热传导介质,将能量传递给沼气发酵装置,以实现沼气的近中温发酵^[6];还可在换料、加料时,向池内加入适量的温水,以提高池内温度,力求池内温度保持在5℃以上,促进新料腐烂产气;而在沼气促进剂的使用上,可以通过原料及其它条件,自制合理的促进剂组合及量的配比,更好地促进沼气发酵^[7]。

沼气应用技术将有利于传统农业向生态农业的转变,以及对环境污染的降低具有重要意义。通过对提高低温沼气发酵效果上的不断研究与探索,在北方寒区,沼气生产及实际应用将会迎来更加广阔的前景。

参考文献:

- [1] 公维佳,李文哲,刘建禹. 厌氧消化中的产甲烷菌研究进展[J]. 东北农业大学学报,2006,37(6):838-841.
- [2] 岑承志,陈砺,严宗诚,等. 沼气发酵技术发展及应用现状[J]. 广东化工,2009,36(6):78-80.
- [3] 裴占江,王大蔚,王粟,等. 低温产甲烷菌群富集效果研究[J]. 可再生能源,2012,30(1):52-54.
- [4] 白莉,石岩,齐子妹. 我国北方农村沼气冬季使用技术研究[J]. 中国沼气,2008,26(1):7-41.
- [5] 何荣玉,刘晓风,袁月祥,等. 沼气发酵外源添加物的研究进展[J]. 中国沼气,2007,25(5):8-11.
- [6] 赵光,马放,魏利,等. 北方低温沼气发酵技术研究及展望[J]. 哈尔滨工业大学学报,2011,43(6):29-33.
- [7] 杨鹏可,周静,胡梦,等. 偏低温沼气发酵促进剂的初步研究[J]. 酿酒科技,2008(4):101-104.

Study on Improving the Effect of Biogas-fermentation at Low Temperature

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

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

Abstract: In order to promote biogas production, the study on improving the effect of biogas-fermentation was conducted by enrichment of the methanogenic community at low temperature and put in the biogas-fermentation accelerant. The results showed that the total gas production of the first generation was 100 mL, the methane content was about 45%, the fifth generation was 338.3 mL, the sixth generation reached to 367.7 mL, the gas production increased to 65% or more; In addition, put the biogas-fermentation accelerant into the efficient methane-producing microbes of screen out form in the fifth generation, the total gas production reached 428.0 mL, increased the gas production rate above 40%, even more than the effect of the gas production of the sixth generation by 16.4%. Therefore, with the increasing of enrichment generations, the starting time shortened gradually, the gas production and the flora increased; and biogas-fermentation accelerant also could increase the efficiency of methane fermentation, which could greatly improve the gas production.

Key words: low temperature; biogas; fermentation; enrichment; biogas accelerant