

# 秸秆干法发酵产沼气技术的研究

王 伟,崔昌龙,张 楠,边道林,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:**介绍了以农作物秸秆为主要原料的干法厌氧发酵工艺的优势,并通过自行研制的沼气发生装置进行了几项探索试验,确认了秸秆干发酵产沼气的可行性,并为该技术的进一步研究和应用奠定了理论基础。

**关键词:**农作物秸秆;干法发酵;产气量

**中图分类号:**S216.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)08-0129-02

所谓干法发酵技术是针对传统的沼气发酵方法提出的,主要特性是发酵过程中固体有机物的含量在20%以上<sup>[1]</sup>。与传统的湿法发酵相比,具有运行成本低、自身耗能少、故障率小、后续处理费用少、无二次污染等优点。研究干法发酵有助于解决现在北方沼气发酵综合效益低的问题(北方年平均气温低,有5个月寒冷季节,夏季池容产气率仅为 $0.2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ),特别是有利于规模化养殖场、中小城镇、农村集中型沼气事业的发展,是将来我国北方沼气发展的主要方向<sup>[2]</sup>。另外据统计,黑龙江省年秸秆产量将达6 000万t,其中废弃和燃烧的达50%,这不仅损失了秸秆的能量和营养成分,浪费了资源,而且严重地污染了环境,影响了生态平衡。可见妥善处置农作物秸秆非常必要,合理开发利用农作物秸秆意义重大<sup>[3-4]</sup>。

因此,对以农作物秸秆为主要原料的干法发酵产沼气技术进行了探索,研究了不同秸秆种类、干物质浓度、发酵温度对产气情况的影响,为秸秆发酵产沼气的实际应用提供了依据。

## 1 材料与方法

试验分别采用5 000 mL塑料罐和1 000、500 mL容量瓶作为发酵装置,排水法收集气体。将每组处理的原料充分混合后放入发酵罐并加入接种物,加水到干物浓度需要的含水量,每个处理3次重复,数据取平均值<sup>[5-6]</sup>。接种物为秸秆与鸡粪混合厌氧培养2个月之后的活性污泥。

### 1.1 发酵原料种类试验

选用猪粪、鸡粪、玉米秸秆、稻草、麦秸5种发酵原料,试验前秸秆做5 d堆沤预处理。试验分2个部分进行,首先单独以3种秸秆为原料进行发酵试验,其次是秸秆与粪便的组合试验。试验干物质浓度20%,接种物添加量20%,发酵温度

35℃,秸秆与粪便干物质比1:1,发酵罐容积5 000 mL。

### 1.2 干物质浓度试验

试验原料采用玉米秸秆与鸡粪组合,设8%、15%、20%、25%、30%、35%六个处理,秸秆与粪便干物质比为2:1,接种物添加量为20%,发酵温度35℃,发酵罐容积为1 000 mL。

### 1.3 发酵温度试验

采用3套恒温水槽同时进行,温度分别控制在25、35、50℃。玉米秸秆与鸡粪干物质比1:1,接种物添加量为20%。发酵罐容积为500 mL,发酵罐口密封,并用橡皮管与充满 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH溶液的吸收瓶相连, $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaOH溶液可以吸收沼气中的 $\text{CO}_2$ ,计量得到的气体为 $\text{CH}_4$ ,另有极少量的 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 等,可忽略不计。

试验所得数据均采用Excel进行处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同秸秆原料发酵产气情况

单纯以秸秆为发酵原料的试验结果如图1、图2所示,玉米秆、稻草和麦秸分别在发酵3、4、5 d时停止产气,且产气量很低。可见在没有经过特殊条件预处理的情况下单纯以秸秆为原料发酵产气难度很大。另外由图2可以看出,3个处理pH都先迅速降低,然后稳定在5.5~6.0,有研究表明产甲烷菌适宜的pH范围为6.6~7.2,低于6.5或高于8.0都会对其产生明显的抑制。显然,

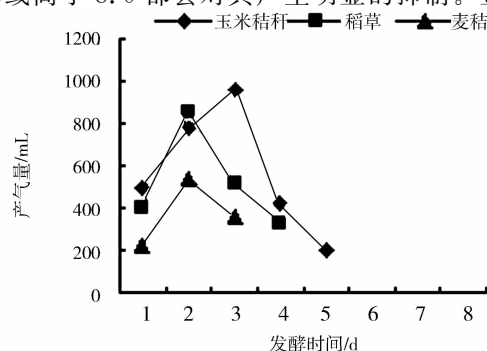


图1 纯秸秆原料产气情况

收稿日期:2010-05-26

第一作者简介:王伟(1981-),女,黑龙江省齐齐哈尔市人,硕士,研究实习生,从事农村能源开发与利用研究。E-mail: Ace\_wv@sohu.com。

底物单纯为玉米秸秆、稻草与麦秸的处理,发酵前期酸积累速度过快,不适宜产甲烷菌生长繁殖,致使产气停止。

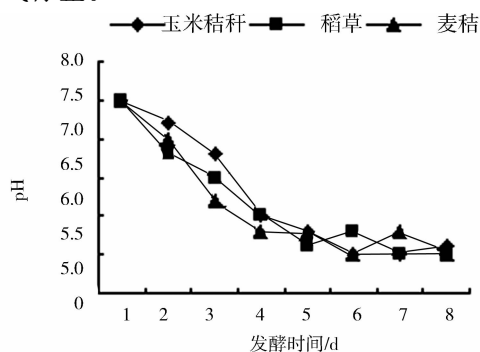


图2 纯秸秆原料产气试验 pH 变化

图3和图4为秸秆与畜禽粪便混合发酵的试验结果。可知,在秸秆与畜禽粪便以干物质比1:1混合后,产气情况有明显改善,且玉米秸秆与鸡粪组合和稻草与猪粪组合比其它组合产气稳定、效果较好。

## 2.2 干物质浓度对产气情况影响

由表1可知,干物质(TS)浓度在15%时原料的分解利用率最高;在浓度8%~30%中,TS含量越高沼气的产量越高,沼气产量随干物质浓度的增加而提高,沼气总产量也随干物质浓度的增加而提高; $\text{CH}_4$ 含量随干物质浓度的提高而减少,

表1 不同干物质浓度6个处理的产气情况分析

处理	8%	15%	20%	25%	30%	35%
发酵天数/d	78	156	156	168	198	198
沼气总量/mL	11221	23423	27368	38748	50490	5987
平均产气率/ $\text{mL} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	0.24	0.25	0.29	0.35	0.43	—
TS沼气产量/ $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	462	475	477	558	625	343
TS分解率/%	50.56	59.56	47.77	46.29	44.89	8.32
$\text{CH}_4$ 含量/%	63.8	63.1	62.2	60.8	60.2	9.1
$\text{CO}_2$ 含量/%	33.0	35.1	39.4	40.1	36.6	53.4
pH	7.1~7.3					5.5~5.6

## 2.3 发酵温度对 $\text{CH}_4$ 产量的影响

试验中3个温度分别按照常温、中温、高温发酵的范围选取,分析3种温度下原料的产甲烷情况(见图5)。可知,高温和中温发酵沼气产量远高于常温发酵,而高温发酵干物质产沼气量为 $72.16 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ ,只比中温发酵的干物质产沼气量高 $6.93 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ ,并且采用高温消化设备比较复杂,需要消耗较多的能量用于加温和保温,投入产出比较低,应用于实际中处理量很大时,往往不宜控制。常温发酵时,在发酵过程中基本不进行温度控制,发酵温度随自然温度有规律地进行变化,

$\text{CO}_2$ 含量相对较稳定;试验中前5个处理的pH开始与结束均为7.1~7.3,属沼气发酵的正常范围,而35%处理的pH较低,导致产气提前结束。综合考虑在此条件下秸秆发酵干物质浓度以20%~25%为最佳。

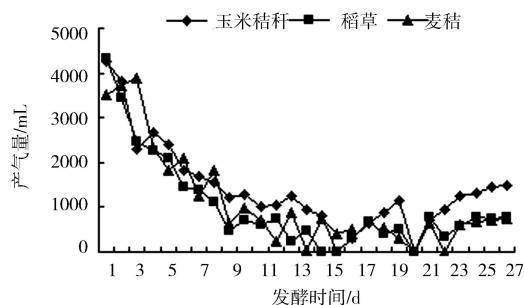


图3 不同秸秆原料与鸡粪组合产气情况

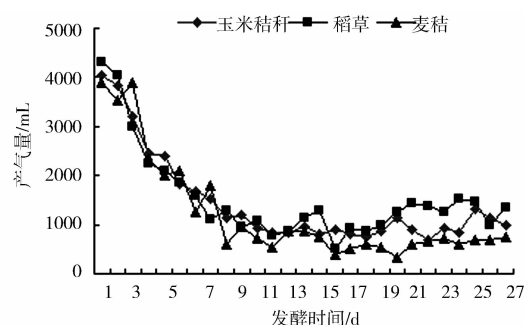


图4 不同秸秆原料与猪粪组合产气情况

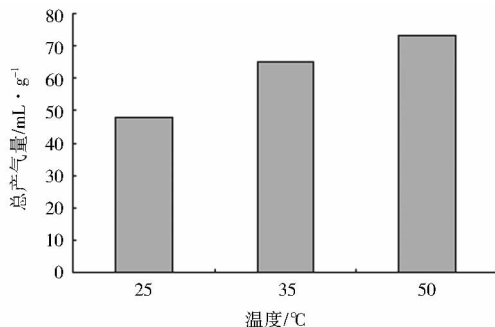


图5 不同反应温度对秸秆产气的影响

产气率低,尤其是冬季常因温度过低而影响产气或停止运行。中温发酵处理原料效率高,处理时

# 新型沼气发生系统太阳能加热效果研究

张楠<sup>1</sup>, 崔昌龙<sup>1</sup>, 王伟<sup>1</sup>, 苏戈<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 农村能源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**从太阳能加温装置与小型沼气发酵系统相结合入手, 验证了哈尔滨地区仅利用太阳能在冬季为沼气发酵增温的可行性, 旨在完成 2 种可再生能源的合理搭配、综合利用, 克服北方沼气传统生产法的不足。

**关键词:**沼气发酵; 太阳能加温; 保温措施

**中图分类号:** S216.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-2767(2010)08-0131-02

温度是沼气发酵的一个关键因素, 在相同的发酵条件下, 不同的发酵温度最终决定了沼气的产气量。黑龙江省地处高寒地区, 寒冷天气长达 150 d 左右, 冬季最冷的月份平均气温可达  $-22\sim-18^{\circ}\text{C}$ , 全年地下 2 m 深处的地温不超过  $10^{\circ}\text{C}$ 。如果按常规做法建沼气池, 就会出现产气率低, 原料降解慢等一系列问题, 冬季池容产气只有  $0.1\sim0.2\text{ m}^3\cdot\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , 严重影响沼气利用模式在高寒地区的推广应用。而太阳能在所有可再生能源中具有最大的资源潜力, 石油、煤炭、天然气和核矿藏终将枯竭, 充分利用太阳能具有持续供能和环保双重意义。而现在利用太阳能提高产气量技术已研发成功, 具有广阔的发展空间。

为此, 在没有其它辅助加热方式的情况下, 仅

利用太阳能给反应系统加热并配以相应的保温系统, 可以消除高寒气候条件对发酵的影响, 有效提高沼气的产量。从节能、环保、节约等角度为解决沼气池在北方地区发酵温度低的问题开创一个新思路。

## 1 新型太阳能沼气发生系统的构成

### 1.1 装置简介

研究装置为自行设计制作的太阳能沼气发生系统, 主要由罐体、加热系统、保温系统、循环系统、监测系统 5 部分组成, 地点在黑龙江省农业科学院农村能源研究所实验基地院内。

该系统的主罐体由不锈钢板焊接制作, 总容积  $5\text{ m}^3$ , 上方设入孔及取样口, 但不单独设进出口。罐体外侧采用 18 cm 厚苯板及珍珠岩保温, 以发泡剂填缝。循环系统主体为循环污水泵, 其兼具循环搅拌和进出料的功能, 也是该装置的一个关键技术。

系统的加热装置主要由太阳能加热管及加热

收稿日期: 2010-05-26

第一作者简介: 张楠(1981-), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 学士, 研究实习员, 从事农村能源开发与应用研究。E-mail: zhangnan\_321@yahoo.cn。

间短, 产气量高, 消耗的能量少, 所以干发酵选用中温发酵比较合适。

## 3 结论

研究表明, 以秸秆为主要原料的干法发酵产沼气在技术上确实可行, 且经过对发酵过程各项技术参数的优化组合, 可在一定程度上克服传统湿式发酵方法的系列问题。另外, 由于研究是在较理想的恒温条件下进行的, 并且根据试验情况主要进行了定性分析, 所以与实际生产过程有一定的差别, 但在理论上揭示了发酵原料的产气规律, 为秸秆资源化利用提供了理论依据, 对净化环境、解决秸秆焚烧具有一定的促进作用。

## 参考文献:

- [1] 周俊虎, 戚峰, 程军, 等. 秸秆发酵产氢的影响因素研究[J]. 环境科学, 2007, 28(5): 1153-1157.
- [2] 张雪松, 朱建良. 秸秆的利用与深加工[J]. 化工时刊, 2004(5): 1-5.
- [3] 石磊, 赵由才, 柴晓利. 我国农作物秸秆的综合利用技术进展[J]. 中国沼气, 2005, 23(2): 11-18.
- [4] 周孟津, 张榕林, 蔺金印. 沼气实用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [5] 李燕红, 林钰, 杏艳, 等. 农作物秸秆废弃物厌氧发酵生物制氢的研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(11): 8-9.
- [6] 南艳艳, 邹华, 严群, 等. 秸秆厌氧发酵产沼气的初步研究[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(6): 65-68.
- [7] 张全国. 沼气技术及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.