

不同农作物秸秆干发酵产沼气对比试验

刘德江, 张晓宏, 饶晓娟

(新疆农业职业技术学院, 新疆 昌吉 831100)

摘要: 干发酵技术具有系统稳定、处理量大、节水、占地少、容积产气率高等优点, 试验选取水稻、小麦及玉米 3 种常用的农作物秸秆为原料, 进行干发酵产沼气试验。结果表明: 加碱预处理后水稻秸秆容易降解, 玉米秸秆次之, 小麦秸秆较难降解。3 种秸秆在发酵过程中产气量及沼气中的甲烷含量相差较明显, 干物质产气率的大小顺序为: 水稻秸秆 > 小麦秸秆 > 玉米秸秆。综合对比降解率、干物质产气率及甲烷含量等发酵参数, 以水稻秸秆最好, 其次为玉米秸秆, 小麦秸秆最差。

关键词: 作物秸秆; 干发酵; 产气率; 降解率

中图分类号: S216.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2015)04-0054-03

Biogas Production Comparison of Different Crop Straws under Dry Anaerobic Fermentation / LIU De-jiang, ZHANG Xiao-hong, RAO Xiao-juan / (Xinjiang Agricultural Vocational and Technical College, Changji 831100, China)

Abstract: Crop straws of rice, wheat and corn were used as raw materials and the dry anaerobic fermentation were carried out in this study. The results showed that the rice straw was easier to be degraded than corn straw and wheat straw after alkaline pretreatment and the wheat straw was the most difficult. The gas production rate and the methane content of three kinds of straws were obviously different. The dry matter biogas production rate were in order of rice straw > wheat straw > corn straw. Consider of degradation rate, gas production rate and methane content comprehensively, the rice straw was the best, followed by the maize straw and wheat straw.

Key words: crop straw; dry fermentation; gas production rate; degradation rate

我国农作物秸秆资源丰富, 年产量约为 7 亿吨左右, 近年来, 农村户用沼气池和大中型沼气工程采用粪便与秸秆混合原料发酵生产沼气, 但国内普遍采用湿发酵工艺, 干物质浓度(TS)一般在 6% ~ 12%, 目前在实际生产中原料的产气率却不高, 且秸秆原料型沼气池的启动时间要比纯粪便型慢 5 ~ 10 天。沼气干发酵技术是国内外研究的热点和发展方向, 它具有系统稳定、处理量大、节水、占地少、容积产气率高等优点。

我国干法发酵技术应用源远流长, 自古以来就采用干法发酵工艺酿酒、生产堆肥。国内对沼气干发酵技术的研究起步于上世纪 80 年代, 缪则学^[1]等人将沼气干发酵技术应用于畜禽粪便的发酵, 研究了适宜于吉林省农村温暖季节应用的干发酵工艺。国外对沼气干法发酵的研究主要集中于城市垃圾的处理^[2], 德国、法国、丹麦等发达国家早在 20 世

纪 80 年代就对沼气干发酵进行研究。德国于 90 年代起, 开始进行间歇式干法沼气发酵技术及工业级装备的研发。目前欧洲的干法沼气发酵技术主要有: 车库型、气袋型、渗出液存储桶型、干湿联合型和立式罐型等。由于沼气干发酵中底物固体含量高, 发酵原料存在严重的浓度梯度、传热、传质困难, 对于沼气发酵至关重要的 pH 值、反应温度等很难控制, 对发酵设备的技术条件要求高, 所以, 造成在厌氧干发酵工艺控制方面存在一些困难。我国目前大型的干发酵处理工程尚处于技术研发阶段, 其技术模式还有待进一步检验^[3]。

在厌氧干发酵中, 一般可采用水稻、玉米、小麦、花生等农作物秸秆为发酵原料。由于农作物秸秆在干发酵的过程中降解比较困难, 本试验采用 5% NaOH 碱液预处理秸秆, 试验对比水稻、玉米、小麦三种大宗作物秸秆的降解率、VFA 含量、产气率及

收稿日期: 2014-10-30

项目来源: 新疆农业职业技术学院科研项目(XJNZYKJ2012011)

作者简介: 刘德江(1966-) 男, 汉族, 教授, 主要从事沼气及肥料技术领域的研究工作, E-mail: xnludejiang@126.com

甲烷含量,旨在为秸秆沼气干发酵技术提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

水稻、玉米、小麦秸秆为当年收获,自来水清洗、晒干后经 5 mm 筛网粉碎,塑料袋密封备用。接种物为老沼气池中的沼渣。

1.2 试验方法

1.2.1 秸秆的预处理

各称取 200 g 水稻、玉米、小麦秸秆(干重)分别与 200 mL 5% 的 NaOH 溶液混匀,装入塑料袋中密封,室温下放置 24 h。取样分析碱处理过程中秸秆的降解程度。降解率用重量法测定。

1.2.2 干式沼气发酵试验

经碱处理的秸秆分别与 800 g 接种物混合作为发酵基质,接种后的发酵基质(TS 含量为 22%)分别装入 2 L 的玻璃发酵罐中,在 35℃ 恒温条件下发酵 40 天,每隔 5 天测定一次 VFA 含量,每天测定一次产气量及甲烷含量。

1.3 参数测试

1.3.1 产气量的测定

发酵过程中产生的气体用 5 L 的气体采样袋收集,每天测定一次气体体积。

1.3.2 甲烷含量的测定

采用武汉四方光电科技有限公司生产的 GAS-BOARD-32XX 型系列红外沼气检测仪测定甲烷含量(精确度为 0.1%)。测定方法:先用惰性气体调零后再以标准气校正,每天测定一次含量,作图分析时按每隔 5 天的平均值计算。

2 试验结果与分析

2.1 碱处理对秸秆降解率的影响

在室温条件下,以 5% NaOH 碱液处理水稻、玉米小麦秸秆,分别测定 24 h 后的降解情况,包括纤维素、半纤维素和木质素的降解率,结果详见表 1。

表 1 不同秸秆碱处理 24 h 后的降解率 (%)

秸秆类型	纤维素	半纤维素	木质素	总降解率
水稻	32.5	7.2	6.8	46.5
玉米	31.9	6.8	5.6	44.3
小麦	30.3	5.7	5.1	41.1

从表 1 可看出:3 种秸秆碱处理后的降解情况表现出相同的规律,即纤维素的降解率远高于半纤

维素和木质素,木质素的降解率相对较低,可能是由于秸秆表面的腊质层对其有一定的保护作用。总降解率大小顺序为:水稻 > 玉米 > 小麦,表明水稻秸秆容易降解,玉米秸秆次之,小麦秸秆较难降解。

2.2 发酵基质中 VFA 含量变化情况

在 35℃ 的恒温条件下发酵 40 天,每隔 5 天测定一次发酵基质(发酵液)的 VFA 含量,对比 3 种秸秆的变化情况(见图 1)。

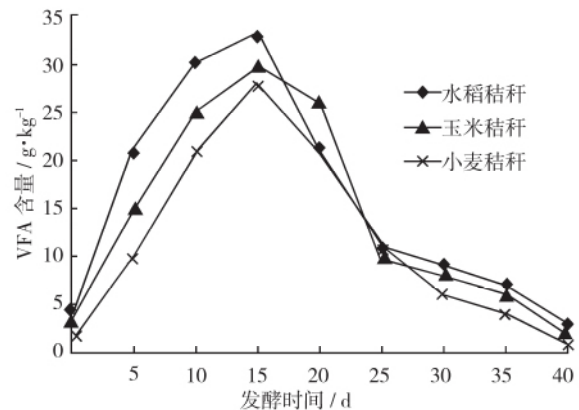


图 1 不同秸秆发酵基质中 VFA 含量变化情况

由图 1 可以看出 3 种秸秆发酵液中的 VFA 含量随着时间的推移表现出相同的变化规律,即发酵第 15 天左右达到峰值,25 天后基本趋于稳定。在保持恒温发酵条件下,基质中 VFA 在发酵初期都逐渐积累,而且整个发酵过程产生的 VFA 均以乙酸为主。这是由于沼气发酵过程中酸化细菌生长速度快,将底物转化成酸,酸化过程产生的酸不能及时被转化成甲烷而造成酸的积累。这与朱继英^[4]等人的研究结果是一致的。

2.3 产气量的对比

分别记录 3 种农作物秸秆的每日产气量,作图分析时按每 5 日的累计产气量进行对比,其结果详见图 2。

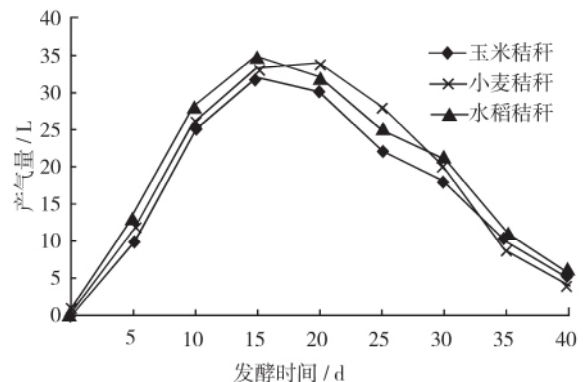


图 2 不同秸秆发酵 40 天的累计产气量对比

从图2可以看出:在为期40天的发酵期内,3种秸秆的产气量均出现了抛物线型的变化规律。其中玉米秸秆和水稻秸秆都是在发酵第15天时产气量达到最大值(峰值),而小麦秸秆则是在第20天时才出现峰值,比前两者晚了5天。说明小麦秸秆要比玉米和水稻秸秆发酵速度要慢一些,这可能是由于小麦秸秆中的木质素含量稍高的原因。另从累计产气量的对比试验中不难发现,水稻秸秆的累计产气量>小麦秸秆>玉米秸秆。

根据累计产气量可计算出3种秸秆的干物质产气率,详见表2。

表2 不同秸秆的干物质产气率

秸秆类型	干物质重量	40天的累计产气量	干物质产气率
	g	mL	$\text{mL} \cdot \text{g}^{-1} \text{d}^{-1}$
水稻秸秆	200	160800	20.1
玉米秸秆	200	98400	12.3
小麦秸秆	200	124800	15.6

表2中的数据表明,3种秸秆的干物质产气率相差较大,其中水稻秸秆的干物质产气率最高,小麦秸秆次之,玉米秸秆最低。这与南艳艳^[5]等人的试验结果完全不同,其原因尚需进一步的研究探讨。

2.4 沼气中甲烷含量的对比

每天测定一次所产沼气中的甲烷含量,作图分

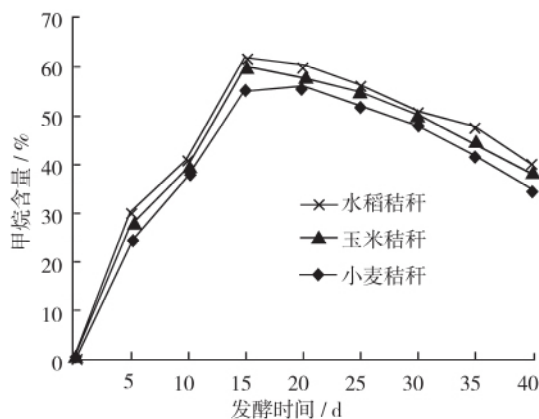


图3 甲烷含量变化趋势图

析时按每五天的平均值,3种不同秸秆发酵所产沼气中的甲烷含量变化情况详见图3。

图3中的甲烷含量变化趋势表明,在沼气发酵过程中甲烷含量在初期增加很快,几乎是指数增长,但达到峰值后又缓慢下降。3种秸秆沼气中的甲烷含量都是在发酵第15天左右达到最大值,但含量却不相同,水稻秸秆为62%,玉米秸秆为60%,小麦秸秆为56%。在40天的发酵期内,甲烷含量整体较高的是水稻秸秆,其次是玉米秸秆,而小麦秸秆最低。

3 结论

(1) 农作物秸秆加碱预处理可促进纤维素、半纤维素及木质素的降解,总降解率及VFA含量的大小顺序为:水稻秸秆>玉米秸秆>小麦秸秆。

(2) 在35℃的恒温条件下,3种农作物秸秆干发酵15~20天后即可达到总产气量的90%以上,秸秆产气率都在 $12 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \text{d}^{-1}$ 以上,水稻秸秆的产气率最高达到 $20.1 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \text{d}^{-1}$ 。远高于秸秆湿发酵的产气率。

(3) 综合对比3种秸秆的降解率、干物质产气率及甲烷含量等发酵参数,以水稻秸秆最好,其次为玉米秸秆,小麦秸秆最差。

参考文献:

- [1] 缪则学,宋明芝. 北方农村沼气池干发酵的应用实验[J]. 中国沼气,1988,6(4): 23-25.
- [2] Mata Alvarez J, Mace S, Llabres P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives[J]. Bioresource Technology, 2000, 74: 3-6.
- [3] 李强,曲浩丽,承磊,等. 沼气干发酵技术研究进展[J]. 中国沼气,2010,28(5): 10-14.
- [4] 朱继英,王相友,王娟. 玉米秸秆干式发酵特性的研究[G]//国际农业工程大会论文集,2010: 95-100.
- [5] 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): 64-68.