# 物料浓度对玉米秸秆连续厌氧发酵产沼气研究

刘双，孔维祎

（中国农业大学烟台研究院，山东烟台，264670）

摘要：利用沼气湿发酵技术，以青储玉米秸秆为发酵原料，采用连续厌氧发酵方式，研究以容积产气率、沼气中甲烷体积分数、累积产气量和VFA为特征指标，研究不同物料浓度对青储玉米秸秆连续发酵产沼气的影响，为秸秆沼气技术的应用提供技术支持。发酵浓度不同，容积产气率和累积产气量不同，以TS8%最高10%次之，6%较低，在第15d累积产气量分别为125.996L、109.176
L和88.763L，最高容积产气率分别为2.572L · $L^{-1}d^{-1}$、2.172L · $L^{-1}d^{-1}$和1.512L · $L^{-1}d^{-1}$。

现阶段秸秆处理利用方法中，采用厌氧发酵产沼气是一条清洁高效的秸秆利用途径，其反应过程最为平和稳定、能耗最低、无污染、生态和经济效益最佳[1]。厌氧发酵按进料方式可分为批量(批式)发酵、半连续发酵和连续发酵[2]。连续发酵是指沼气池加满料正常产气后，每天分几次连续不断地加入预先设计的原料，同时也排走相同体积的发酵原料，使发酵过程连续进行下去[2]。实际运行良好的沼气工程中，多采用半连续式进料或连续式进料，厌氧过程处于稳定状态，水解产酸与产甲烷过程同时进行，有效避免过程中的产物抑制，提高了基质转化率[3]。

该试验设发酵浓度（TS）设6%、8%、和10%在保持35°C恒温和厌氧的条件，水利停留时间为15d下，每天测沼气产量及沼气中的甲烷含量，每隔3天测定出料的TS浓度、挥发性脂肪酸等，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。

## 1材料与方法

### 1.1试验材料

发酵秸秆为青储玉米秸秆TS为35%，经破碎处理成粉末后冷藏保存待用。接种物为经纱布过滤的猪粪水TS为0%，4°C冷藏保存待用。

### 1.2试验设计

发酵装置试验采用小型厌氧发酵装置，有效容积为4L。外围包有隔热保温材料并可进行电恒温加热。试验设置3个处理，无重复，发酵TS分别为6%、8%和10%，温度设为35°C，水力停留时间设为15天，进料液（TS分别为6%、8%和10%）用猪粪水或过滤后的出料液和青储玉米秸秆配制。

### 1.3测试指标及方法

1）流量计记录每天的产气量。2）TS测定:将待测物料放入(105±5)°C的恒温箱中烘至恒重，称量烘干前后的质量，烘干后的质量除以烘干前的质量即得TS的百分含量。VS测定:将测完TS后的固体全部转移至坩埚，放入马弗炉中，550°C灼烧2h。称量灼烧前后的质量，灼烧前后的质量之差除以测TS时烘干前的质量即得VS的百分含量[4]。3）挥发性脂肪酸（VFA）采用比色测定法。4）采用PTM-600手提式复合型气体分析仪分析沼气的中甲烷含量。

## 2结果与分析

### 2.1容积产气率变化

TS对容积产气率的影响较为明显。由图1可知,TS浓度分别为6%、8%和10%，接种后第3～4d，各处理出现第一个高峰，容积产气率分别为1.512L · $L^{-1}d^{-1}$、2.572L · $L^{-1}d^{-1}$和2.172L · $L^{-1}d^{-1}$
，随后降低，总体变化趋势为波动型。TS浓度为8%的处理容积产气率最高，10%处理次之，6%处理最低。

### 2.2沼气中甲烷体积分数

青储玉米厌氧发酵中累积产气量变化，各处理累积产气量变化趋势基本相同，随着时间的增加，累积沼气产量逐渐增多且产气速率变化不大，试验结束时（15d），3种TS浓度（6%、8%和10%）条件下的累积沼气产量分别为88.763L

、125.996L和109.176L。TS浓度为8%累积产气量最多，其次为TS浓度为10%，TS浓度为6%最低。TS浓度大小对容积产气率和累积产气量的影响，是因为TS浓度大，则接种的混合微生物菌群的数量就多，混合微生物菌群可分解利用的底物则也多，因此表现出在一定范围内，表现出容积产气率和累积产气量随TS浓度的增加而增大的趋势。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TS浓度的增加而增大，因此当TS浓度大于8%时，容积产气率和累积产气量会下降，这也可能与TS浓度较高，虽然产酸菌活性也高，但产甲烷菌群与产酸菌群没有达到一个平衡有关。

2.3累积产气量变化

青储玉米厌氧发酵沼气中甲烷体积分数，由图3可知，各处理甲烷含量在6d之前含量不稳定，没有达到稳定，均为先增加，维持短暂的高甲烷含量后降低，之后又逐渐升高，在10d左右升至一定值，在该值波动，甲烷含量基本稳定在40%～60%，比甲烷含量最大值略低。在整个发酵周期内各处理的稳定时的甲烷含量随着TS浓度的增加而增加，TS为10%的处理可达到55%以上，TS为8%的处理可达到50%，而TS为6%则达到42%。TS为8%的累积产气量多于10%但沼气中甲烷体积分数却相反。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[5]。

2.4 VFA变化

发酵过程中发酵液中VFA变化，由图可见，各处理变化趋势基本相同，VFA含量不断增加，在发酵过程中TS浓度8%的VFA最高，其次为TS浓度为10%，最低为TS浓度为6%，在第15天达到最大值，分别为18.24g/L、5.67g/L和14.27g/L。

**3结论**

在不同物料浓度发酵试验中，水力停留时间为15d。发酵浓度对青储玉米秸秆连续厌氧发酵容积产气率、沼气中甲烷体积分数、累积产气量和VFA的影响较大；发酵浓度不同，容积产气率和累积产气量不同，以TS浓度为8%最高10%次之，6%
较低，在第15d累积
产气量分别为125.996L、109.176L和88.763
L，最高容积产气率分别为2.572L · $L^{-1}d^{-1}$、2.172L · $L^{-1}d^{-1}$和1.512L · $L^{-1}d^{-1}$
。在整个发酵周期内各处理的稳定时的甲烷含量随着干物质浓度的增加而增加，TS为10%的处理可达到55%以上，TS为8%的处理可达到50%，而TS为6%则达到42%。

合理调节物料浓度（TS）能够有效提高青储玉米秸秆厌氧连续发酵的生物降解效果、累积产气量、沼气中甲烷体积分数等，可以节能减排。

参考文献

[1]韩鲁佳,闫巧娟,刘向阳等.中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].农业工程学报,2002,18(3):87-91.

[2]林聪.沼气技术理论与工程[M].化学工业出版社,2007.

[3]郭建斌,董仁杰,程辉彩,etal.温度与有机负荷对猪粪厌氧发酵过程的影响[J].农业工程学报,2011.217.

[4]罗义轩,付新梅,黄云碧.秸秆厌氧发酵产气潜力比较研究[J].安徽农业科学,2013,41(6):2606.

[5]张碧波,曾光明,张盼月,etal.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(2):87-89.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/167819.html