

咖啡渣与玉米秸秆对污泥共厌氧消化的影响

杨月月^{1,2}

1 重庆三峡科技大学

2 重庆三峡科技大学三峡库区环境生态重庆市野外科学观测站

DOI:10.32629/eep.v9i3.3133

[摘要] 城市剩余污泥(Sewage sludge,SS)产量逐年上升,传统填埋、焚烧等处置方式占地多、成本高,还存在一定环境隐患。厌氧消化虽能实现污泥减量化与能源回收,但单独处理污泥时,存在有机质降解困难、碳氮比例不合理、沼气产量偏低等问题。玉米秸秆(Corn stalk,CS)碳源丰富,与污泥协同消化可改善底物条件,咖啡渣(Coffee grounds,CG)能优化微生物生存环境,提升厌氧消化效率。本文将SS、CS、CG进行共厌氧消化,结果表明,CS和CG的投加能够促进SS厌氧消化产沼气,本研究为有机固废协同处理提供参考。

[关键词] 城市剩余污泥; 玉米秸秆; 咖啡渣; 共厌氧消化; 资源化利用

中图分类号: S513 **文献标识码:** A

Study on the effect of coffee grounds and corn stalk on co-anaerobic digestion of sludge enhanced

Yueyue Yang^{1,2}

1 CHONGQING SANXIA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

2 Chongqing Observation and Research Station of Environment and Ecology in the Three Gorges Reservoir Area,
Chongqing Sanxia University of Science and Technology

[Abstract] The output of urban surplus sludge (Sewage sludge, SS) has been increasing year by year. Traditional disposal methods such as landfill and incineration occupy a large area, have high costs and pose certain environmental risks. Although anaerobic digestion can achieve sludge reduction and energy recovery, when treating sludge alone, there are problems such as difficult degradation of organic matter, unreasonable carbon-nitrogen ratio, and low biogas production. Corn stalk (CS) is rich in carbon sources. When digested in conjunction with sludge, it can improve substrate conditions. Coffee grounds (CG) can optimize the living environment of microorganisms and enhance the efficiency of anaerobic digestion. In this paper, SS, CS and CG were subjected to co-anaerobic digestion. The results showed that the addition of CS and CG could promote the anaerobic digestion of SS to produce biogas. This study provides a reference for the co-treatment of organic solid waste.

[Key words] Urban excess sludge; Corn stalks; Coffee grounds; Co-anaerobic digestion; Resource utilization

引言

城市污水处理在提升水环境治理水平的同时,会持续产生大量剩余污泥(Sewage sludge,SS)。SS不仅富含有机质、氮磷等营养元素,还含有重金属、病原微生物及多种难降解有机污染物,处理处置不当极易造成土壤与水体污染,进而威胁公共卫生与生态环境安全^[1]。随着我国城镇污水处理规模的扩大,SS产量逐年攀升,实现SS减量化、稳定化、无害化与资源化利用成为固体废物处理领域的关键研究方向^[2]。

厌氧消化可将SS中的有机质转化为沼气,同步实现污染削减与能源回收,是SS资源化利用的核心技术之一。但单一SS厌氧

消化存在很多问题,比如底物可降解性差、碳氮比失衡、不足的系统运行稳定性等问题,严重限制了该技术应用效果。为此,共厌氧消化技术逐渐成为研究热点,通过引入农业废弃物、餐厨垃圾等外源有机底物,可有效补充碳源、优化底物结构、改善微生物代谢环境,从而显著提升系统的沼气生产效率^[3]。

玉米秸秆(Corn stalk,CS)是我国储量丰富的农业废弃物之一,CS含有较高比例的纤维素和半纤维素,在与SS共厌氧消化中具有较好的碳源补充优势,但其木质纤维素结构致密,天然降解速率慢,易成为厌氧消化过程中的限速环节。与此同时,咖啡渣消费快速增长带来了大量咖啡渣固体废物(Coffee grounds,CG),

具有多种微生物所需要的微量元素,因此可能在强化厌氧消化方面表现出较好的应用潜力^[4]。

基于此,本文通过在SS中投加CS与CG以探究CS和CG与SS共厌氧消化对产沼气的的影响以期污泥资源化利用提供理论支持。

1 实验材料和方法

SS通常呈深褐色或黑褐色半流态絮状体,具有含水率高、颗粒细小、比表面积大、易压缩且伴有一定异味等外观与物理特征,同时富含有机质、氮磷营养元素、微生物及少量重金属和难降解有机物,整体表现出成分复杂、化学性质多样的特点。

本实验所用SS样本取自重庆市万州区新田镇污水处理厂二级沉淀池,该污水处理厂作为区域重点市政基础设施,服务范围覆盖约8.5万常住人口,日均处理规模达1100立方米,处理对象以城镇生活污水为主,工业废水占比控制在15%以下。

本实验所用SS预处理过程严格遵循实验室标准化操作规程。首先将采集到的新鲜SS样本,通过304不锈钢编织而成的1mm孔径振动筛网进行物理筛分,该筛网为不锈钢材质,可有效截留并去除毛发、塑料碎片等粒径大于1mm的悬浮类杂质。筛分后SS样本立即转移至4℃恒温培养箱进行沉降浓缩处理,通过低温环境(4±0.5℃)抑制微生物代谢活性,维持SS原始特性。静置沉降4小时后,采用蠕动泵抽吸分离上层清液,所得浓缩SS含水率控制在95.2-96.7%范围内,符合后续实验对SS浓度的基本要求^[5]。以上操作在超净工作台内完成以尽可能避免外源微生物干扰,为保证SS厌氧消化具有相同的实验变量,本研究采用的中温厌氧消化接种SS,统一取自实验室长期驯化培养的中温厌氧反应器,SS和接种物的理化性质如表1所示,CS、CG与SS混合比例如表2所示。

表1 SS和接种物的理化性质

参数	单位	SS	接种物	污泥+接种物
pH		7.05±0.23	7.42±0.32	7.42±0.42
TS	g/L	83.33±1.71	55.32±0.76	60.18±0.11
VS	g/L	34.35±0.67	26.34±0.62	28.27±0.75

表2 CS、CG与SS混合比例

实验组	CS	CG	SS
1	0%	0%	100%
2	100%	0%	0%
3	0%	100%	0%
4	25%	25%	25%

2 结果与讨论

2.1 CG和CS对SS厌氧消化pH的影响

从图1可以看出,共厌氧消化时,pH变化更稳定,反映厌氧消化整个系统的稳定性更强,有利于与厌氧消化相关的微生物菌群的生存。这可能是其玉米秸秆含有较丰富的有机碳源,在SS共厌氧消化过程中能够发挥调节碳氮比、补充可降解有

机质的重要作用,CG可能含有与微生物生活所需要的微量元素有关。

2.2 CG和CS对SS厌氧消化VFAs和累计产气量的影响

图2是厌氧消化过程中挥发性脂肪酸的含量变化,从图中可以看出通过投加CS和CG后SS厌氧消化在第12到16天的VFAs含量较未投加组明显更高,对应的产气速率和累计产气量也大幅提升(图3),说明共厌氧消化体系并未因为挥发性脂肪酸含量的增多而受到酸化抑制,整个系统厌氧消化始终处于动态平衡,说明CG一定程度上可以调控体系的稳定性。

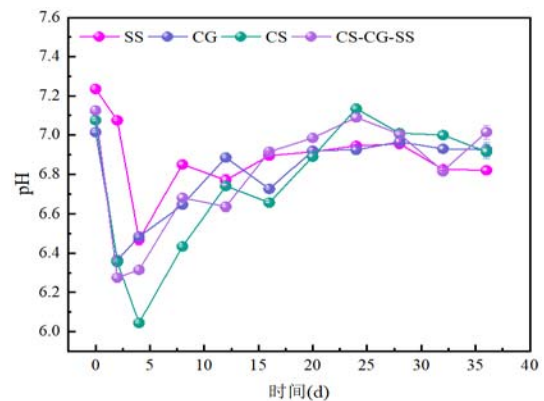


图1 pH变化图

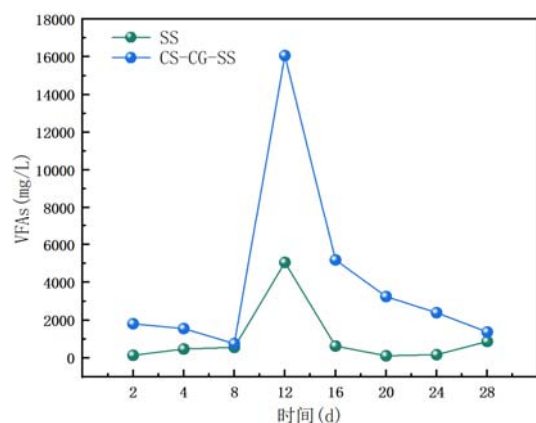


图2 VFAs含量变化图

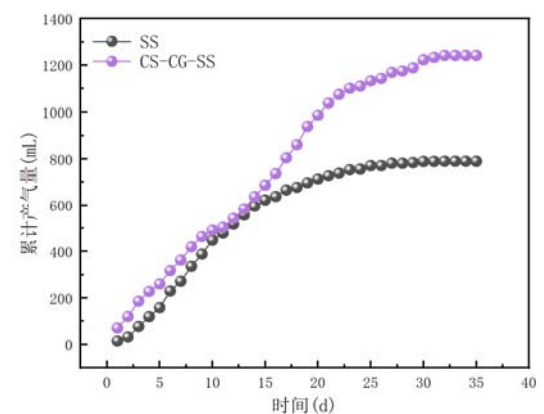


图3 累计沼气产量图

3 结论

3.1 调节底物结构与碳氮平衡

在SS体系中引入CS,可补充有机碳源、改善底物组成并提高理论产甲烷潜力;进一步投加CG,则有助于提升体系中有机质转化环境的稳定性。二者协同作用下,可在一定程度上缓解单一SS碳氮比失衡与可降解底物不足的问题,为厌氧微生物提供更加适宜的代谢条件。

3.2 缓冲抑制效应并提高系统稳定性

厌氧消化过程中,VFAs累积和局部pH波动常是引发系统失稳的重要原因。CG表面的官能团及孔隙结构可对部分抑制性物质产生吸附和缓冲作用,有助于减轻氨氮、有机酸等对微生物的不利影响,进而维持体系运行稳定。

综上,SS、CS与CG均为高资源化潜力有机固废,以CS为共消化底物、CG为功能强化材料,可有效提升SS厌氧消化产甲烷效率与系统稳定性,该策略既实现多源固废协同处置,又契合减污降碳与循环利用需求。未来可从四方面深化研究:优化CS预处理与SS配比以提升木质纤维素水解效率,解析CG对微生物群落、代

谢通路及电子传递的调控机制,结合产气、能效与经济性明确其最优应用参数,推进中试与工程放大以实现实验室成果的工程化转化。

[参考文献]

[1]李梅,林雪璐,杨硕,等.剩余污泥厌氧消化及其强化技术研究进展[J].应用化工,2025,54(09):2416-2421.

[2]蔡润洁.污水处理工艺污泥减量化技术的研究进展[J].广东化工,2025,52(20):76-78.

[3]唐涛涛,李江,杨爱江,等.秸秆类型及配比变化对污泥厌氧消化中微生物群落的影响[J].化工进展,2020,39(02):667-678.

[4]郭亚东,林晓娜,陈晓云,等.造纸污泥与玉米秸秆共热解特性及动力学分析[J].可再生能源,2026,44(01):25-32.

[5]朱爱玲.含铁沼渣生物炭循环回用促进污泥厌氧消化-热解的作用和机理研究[D].重庆三峡学院,2022.

作者简介:

杨月月(1998--),女,汉族,贵州人,硕士,研究方向:固废资源化利用。