

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.02.030

渗滤液回流条件下多层床厌氧干发酵产气特性*

袁巧霞¹ 程长菊¹ 华朝辉² 高勇¹ 黄长青¹

(1. 华中农业大学工学院, 武汉 430070; 2. 中南财经政法大学马克思主义学院, 武汉 430073)

摘要:设计了一种试验规模的多层床式厌氧发酵反应器,以猪粪为发酵底物,稻草为调理料,试验研究在渗滤液回流条件下分层及不同床层厚度对厌氧干发酵产气特性的影响。结果表明:厌氧发酵床分层对原料累计产气量、最大产气量及甲烷体积分数等产气特性均有显著影响。床层厚度由250 mm降为150 mm时,累计产气率由135.7 L/kg增加到172.1 L/kg,提高了26.8%;最高日产气量由97.4 L增加至111.9 L,增加了14.9%,但日均产气量没有明显的变化;最高甲烷体积分数可增加9%,且最高甲烷体积分数出现的时间随床层厚度的降低明显提前。发酵床分层还对渗滤液的pH值和COD值有显著影响,250、200和150 mm 3个不同处理组的pH值从初始值分别升高了8.6%、6.5%和4.8%,COD下降了21.0%、15.0%和14.0%,即床层厚度明显影响渗滤液的入渗和回流效果。

关键词:厌氧干发酵 产气特性 床层厚度 渗滤液

中图分类号:TK6;S216.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1298(2014)02-0182-06

引言

厌氧发酵是一个复杂的生物化学反应过程,温度、原料、接种物、pH值等都是影响厌氧发酵效果的重要因素^[1-2]。厌氧干发酵又称为固体厌氧发酵,其反应系统中总固体质量分数(TS)达到20%~40%,具有投资少、能耗低、产物的产率高、基质含水率低、单位负荷的反应器体积小、无需废水处理、环境污染少和后处理加工方便等优点^[3]。但由于其固体含量较高,原料中自由流动的水分较少,浓度梯度大,进出料难,传热传质不均匀,且容易造成酸中毒,不利于原料的发酵,制约着厌氧干发酵技术的推广。

目前国内外厌氧干发酵反应器有固定床式、卧式活塞流式、干-湿两相两级式和车库式^[4-8]等,前两种形式多通过搅拌器搅拌强化传热传质,后两种形式则主要通过渗滤液回流来改善传热传质效果。固态物料搅拌功耗大,且在大型发酵系统中难以达到较好的搅拌效果;渗滤液回流既可提高原料中纤维素和半纤维素的降解率以及有机物的利用率,还可通过渗滤液入渗作用强化传热传质,提高厌氧发酵系统的发酵效率^[9-13],但在大体积厌氧发酵反应器中,单纯依靠渗滤液回流,不足以改善发酵体中气液固相热质交换,气相组分逸出受阻。本文研究一种多层床厌氧干发酵反应器,在已有厌氧干发酵反

应器的内部增加分层床,对发酵原料进行分层,以期改善反应器中气液固三相热质交换的效果,并通过渗滤液回流进一步强化传热传质效果。

1 试验材料与方法

1.1 试验装置

采用自主设计的厌氧发酵反应器,其示意图如图1所示。该反应器包括罐体、渗滤液回流系统、测温系统、保温系统和气体测试系统。

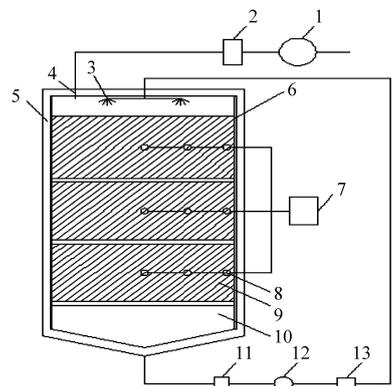


图1 多层床式厌氧发酵反应器

Fig. 1 Multi-layer bed reactor of anaerobic fermentation

1. 燃气表 2. 沼气脱硫调控器 3. 喷淋喷头 4. 出气孔 5. 保温膜 6. 分层床 7. 温度显示器 8. 温度传感器 9. 发酵物料
10. 渗滤液收集部分 11. 球阀 12. 过滤阀 13. 增压水泵

罐体总高1.2 m,分两部分,上部为多层发酵床,高1 m,下部为渗滤液收集部分,高0.2 m。3个

收稿日期:2013-03-11 修回日期:2013-04-24

*公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303091)

作者简介:袁巧霞,教授,博士生导师,主要从事农业生物环境与能源工程研究,E-mail:qxuan@mail.hzau.edu.cn

反应器的总体结构、高度和渗滤液收集部分的体积相同,床层的厚度根据床层的层数而有所不同,发酵物料位于反应床层中,物料中的渗滤液在自重作用下流向渗滤液收集部分。渗滤液收集部分的下端通过管道与罐体上端盖中心喷头相连,在扬程为 10 m 的增压水泵作用下将底部的渗滤液喷入反应床,由此构成渗滤液回流系统。测温系统由单片机、显示器和温度传感器 3 个部分组成,每个床层装有 3 个温度传感器,置于每个床层中间层中心、半径中心和床体内壁处,各温度传感器通过接线与单片机相连。保温层由厚度为 2 cm 的保温石棉构成,石棉均匀的包裹着罐体,石棉外围缠一层绝热带进一步保温,试验在温室大棚中进行,温度可以保持在 35℃ 左右。气体测试系统主要由沼气脱硫调控转换器和燃气表组成,产生的气体经过脱硫之后可以通过燃气表显示产气量。上端盖与罐体之间主要通过橡胶圈密封,温度传感器与罐体之间主要通过密封胶密封。固体发酵反应器的有效体积为 0.15 m³,渗滤液收集部分的有效体积为 0.04 m³。

1.2 试验材料

试验所用猪粪取自华中农业大学附近某养猪场当日产出的新鲜猪粪,其总固体(TS)质量分数为 22.0%;稻秸作为调理料,取自华中农业大学试验田,风干后堆于阴棚下,其含水率在 20% 左右,试验开始时先使用秸秆粉碎机粉碎至 3~5 cm,以破坏秸秆表面的蜡质层^[9]。干稻草的含水率较低不利于与猪粪的混合,经沼液浸泡 1 d 后其 TS 质量分数可达到 17.6%,便于工程操作。接种污泥取自华中农业大学工科试验基地内运行正常的户用沼气池,该沼气池常年使用稻秸和猪粪作为发酵原料,不需驯化可直接作为试验的接种物,其 TS 质量分数为 8.3%。

1.3 试验方法

试验采用单因素试验方法,受小试验装置总体厚度的限制,本试验取 250、200、150 mm 3 个不同厚度水平来考察分层厚度对厌氧干发酵的影响。试验

中设计了 3 个反应器,其中试验组 1 的反应器分为 3 层,每层有效发酵厚度为 250 mm;试验组 2 的反应器分为 4 层,每层有效发酵厚度为 200 mm;试验组 3 分为 5 层,每层有效发酵厚度为 150 mm,3 个反应器中发酵原料的总量基本相等。

将稻秸和猪粪按干质量 1:5 混合,试验组 1 每层加料 25 kg,试验组 2 每层加料 19 kg,试验组 3 每层加料 15 kg。发酵原料首先在反应器中进行好氧预处理,以便通过好氧产热使料体升温。好氧处理阶段,每层中取 3 个点,每天早中晚测每层温度,10 d 后反应器中的温度可达到 40℃,结束好氧堆置并加接种污泥 19 kg 和前期试验剩余的渗滤液 10 kg 并密封。经测定物料饱和含水率为 80%,其余的自流至渗滤液罐。经过好氧处理后,对发酵原料进行 35 d 的厌氧发酵试验。

试验开始后,每日 19:00 时开始各回流 10 min,所产生的气体经脱硫器脱硫后采用燃气表记录产气量,采用气体分析仪(Gasbord-3200 型,便携红外沼气分析仪,武汉四方电子科技有限公司)测量甲烷含量。每日回流完毕后使用 10 mL 的取样管取 6 mL 渗滤液,利用离心机将渗滤液在室温下以 12 000 r/min 的转速离心 10 min,取上清液并采用 pH 计测量 pH 值,采用便携式 COD 测定仪测试 COD。每日早中晚采用测温系统分别记录室内和反应器中各层的温度。总固体质量分数采用干燥法测定。单位 TS 产气率测定时使用 J2.5C 型燃气表计数,每日记录 1 次产气量(Q),物料干物质含量按实际的装罐质量 M 来计算,则总固体产气率为 $G = Q/M$ 。

2 试验结果与分析

2.1 日产气量与累计产气量

图 2a 为不同床层厚度下日产气量随时间的变化。从图 2 中可以看出,在厌氧反应的前 27 d,试验组 3 的日产气量明显高于试验组 1 和试验组 2,在前 14 d 试验组 2 的日产气量高于试验组 1,说明床

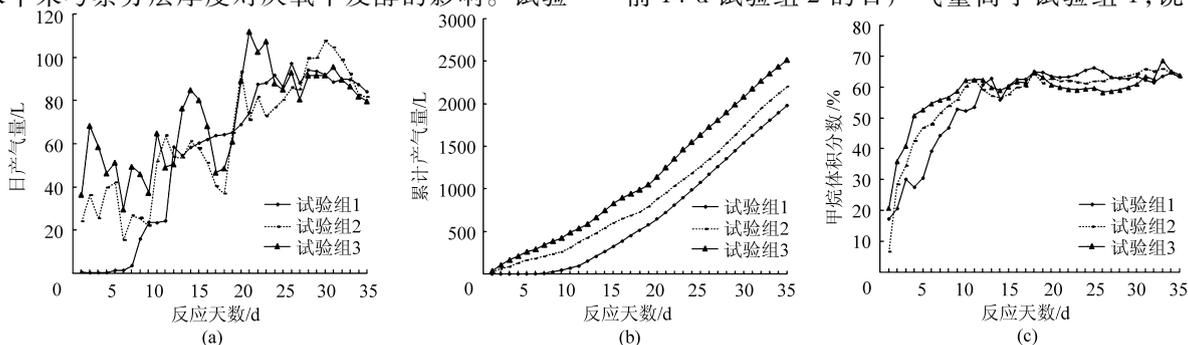


图 2 不同床层厚度下的产气特性

Fig. 2 Gas characteristic in different layer thickness

层厚度的减少,能缩短气体组分的逸出途径,渗滤液回流时通过物料层孔隙通道路程减小,提高了回流液的流动效率,有利于提高反应前期的产气量。反应的 14~27 d,试验组 1 的日产气量则高于试验组 2,反应 28 d 之后试验组 2 的产气量最高,试验组 1 与 3 基本持平,说明在厌氧反应的后期,床层的厚度对产气的影响较小。

从图 2a 中还可以看出 3 组试验日产气量的产气高峰,试验组 1 的产气高峰位于第 26 天,达到 97.4 L;试验组 2 的产气高峰位于第 30 天,达到 107.6 L;试验组 3 的产气高峰位于第 21 天,达到 111.9 L 且属于最高峰;产气最高峰过后,日产气量呈总体下降趋势。从到达产气高峰的时间可以看出,试验组 3 到达产气高峰的时间最短,试验组 1 其次,试验组 2 到达产气高峰的时间最长;从峰值产气量可以看出,最高日产气量由大到小为:试验组 3、试验组 2、试验组 1。试验结果分析表明降低床层厚度能够促进发酵原料的传质速率和降解效率,提高最大产气量,缩短到达产气峰值的时间,减小有机物的停留时间。

不同床层厚度下累计产气量随时间的变化曲线如图 2b 所示。从图中可以看出,试验组 3 的累计产气量高于试验组 2 和试验组 1,而试验组 2 的累计产气量则高于试验组 1,说明分层厚度的增加阻碍了回流液在发酵原料中的流动以及气相组分的逸出,不利于厌氧发酵菌落与发酵底物的充分接触,故当床层厚度增加时,原料的累计产气量降低。

试验组 3 的累计产气量比试验组 2 和 1 分别增加了 14.3% 和 26.8%,而试验组 2 的总累计产气量比试验组 1 增加了 11%。对累计产气量进行单因

素方差分析^[14],结果如表 1 所示,得 $F = 3.481 > F_{crit} = 3.085$,故 3 组试验的累计产气量之间有极显著差异($P < 0.01$)。根据 TS 产气率的计算公式,试验组 1 的累计 TS 产气率为 135.7 L/kg,试验组 2 的累计 TS 产气率为 150.6 L/kg,试验组 3 的累计 TS 产气率为 172.1 L/kg。可见床层厚度减小时,在发酵原料总量相等的条件下,床层层数的增加,单层物料量减少,提高了传质速率和发酵的均匀性,从而提高了产气率。

2.2 甲烷成分变化

图 2c 为不同床层厚度下甲烷(CH_4)体积分数随时间的变化曲线。试验组 1 的甲烷体积分数在反应的第 8 天首次达到 45% 以上为 46.6%,试验组 2 的甲烷体积分数在反应的第 5 天上升到 45% 以上为 46.7%,试验组 3 的甲烷体积分数在反应的第 4 天上升到 45% 以上为 50.8%,在反应前 18 d,试验组 3 的甲烷体积分数要高于试验组 2 和试验组 1,试验组 2 的甲烷体积分数高于试验组 1,18 d 之后,甲烷体积分数由大到小依次为试验组 1、试验组 2、试验组 3。当甲烷体积分数达到 45% 以后,3 组试验之间的甲烷体积分数经过单因素的方差分析结果如表 1 所示, $F = 0.484 < F_{crit} = 3.085$,其甲烷体积分数之间的差异不显著。由此说明原料分层能够提高前期的甲烷体积分数,但对后期甲烷成分影响较小。

从图 2c 中还可以看出,10 d 之后 3 组试验的甲烷体积分数稳定在 60% 以上。前期好氧堆置的时间比较长,分层厚度较小,容易导致养分损失,不利于前期的甲烷生成,故甲烷体积分数达到 60% 以上所用时间较长。

表 1 方差分析

Tab.1 Variance analysis

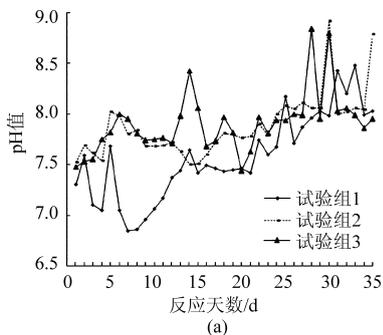
项目	差异源	SS	df	MS	F	P	F_{crit}
累计产气量	组间	3 443 123	2	1 721 561	3.481	0.034	3.085
CH_4 体积分数	组间	137.419	2	68.710	0.484	0.618	3.085
pH 值	组间	2.375	2	1.188	9.668	0.000	3.085
COD 值	组间	656 234	2	328 117	5.527	0.005	3.085

2.3 渗滤液中 pH 值、COD 值随反应时间的变化

图 3 分别为不同床层厚度下渗滤液中 pH 值与 COD 值随时间的变化曲线。从图 3a 可以看出,pH 值都随着反应时间的增加呈现增大的趋势,在试验前期,试验组 1 的 pH 值呈下降趋势,pH 值由第 1 天的 7.30 下降到第 7 天的 6.84,pH 值在第 8 天逐渐上升,到第 34 天上升到 7.99。这说明在试验前期,试验组 1 出现一定程度的酸化,故前期产气量比

较低,其甲烷体积分数均比试验组 2 和试验组 3 低,所产生的气体中甲烷比例上升较慢。试验组 2 的初始 pH 值为 7.52,最终 pH 值为 8.04,试验组 3 的初始 pH 值为 7.48,最终 pH 值为 7.86,后两组的 pH 值维持缓慢上升的状态,并没有出现前期的酸化现象,试验能够正常进行。试验组 1、2、3 的最终 pH 值分别升高了 8.6%、6.5%、4.8%,这说明随着反应的进行,渗滤液中的酸被厌氧菌利用消耗并转化

成了甲烷, 厌氧发酵属于一个消耗酸的过程。从图3b中可以看出, 3组试验的初始COD值相差较小, 随着反应的进行3组试验中的COD值波动都比较大, 但总体仍呈下降趋势, 试验组1、2、3的初始COD值分别为3392.6、3248.9、3143.5 mg/L, 最终



COD值分别为2679.5、2762.8、2704.7 mg/L, 分别下降了21.0%、15.0%、14.0%。随着反应的进行, 渗滤液中的COD值逐渐降低, 这意味着渗滤液中有有机物的含量随着厌氧发酵进行在逐渐减小。其结果还表明渗滤液中的pH值与COD值呈负相关性。

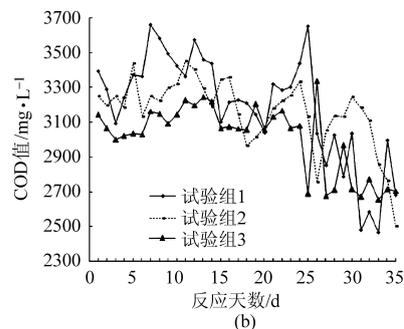


图3 不同床层厚度下的渗滤液特性

Fig.3 Leachate characteristic in different layer thickness

通过对3组试验的pH值和COD值分别进行单因素方差分析(表1), 可看出对于pH值: $F = 9.668 > F_{crit} = 3.085$, 对于COD值: $F = 5.527 > F_{crit} = 3.085$, 故分层对渗滤液中的pH值和COD值都有显著影响。3组试验的pH值升高的百分比和COD值降低的百分比由大到小为: 试验组1、试验组2、试验组3, 这说明随着床层厚度的增加, pH值上升的百分比和COD值下降的百分比都升高了。厌氧发酵反应中当pH值由7上升至10时, 能够逐渐降低甲烷菌的活性, pH值的升高不利于提高厌氧发酵的效率, pH值上升的越快越不利于反应的进行, 故床层厚度的增加不利于提高发酵效率。厌氧发酵过程其实就是有机物分解过程, 大致可以分为水分解、产酸和产甲烷3个过程, 随着床层厚度的增加, 渗滤液在反应物料中的流动就越缓慢, 物料对渗滤液的过滤作用就越明显, 一方面, 物料中的有机物向渗滤液中的溶解速率被降低了, 另一方面, 在渗滤液回流并向床层入渗的过程中, 渗滤液中还没来得及分解的有机物被物料层截留, 从而导致渗滤液中的有机物含量降低, 分解产生的酸就越少, 故在整个反应中, 床层厚度的增加不利于渗滤液在原料中的流动和有机物的均匀分布, 渗滤液中的pH值上升的百分比和COD值下降的百分比均升高。

3 讨论

3.1 分层对发酵前期好氧堆置温度的影响

在大堆体的好氧堆肥过程中, 原料内部的温度可以达到40℃以上^[15-16], 在此条件下畜禽粪便中复杂的大分子有机物如纤维素、半纤维素、多糖、双糖等被转化为简单的葡萄糖、果糖和半乳糖等, 这些简单的糖类在厌氧条件下能够转化生成大量的有机

酸, 导致堆肥初期以糖类和有机酸为主, 转化之后的有机酸能够被产甲烷利用生成甲烷和二氧化碳^[17-18], 因此通过10d的好氧堆置能够促进发酵原料中的大分子有机物质的分解, 有利于原料的后期发酵。本试验中由于反应器较小, 分层厚度过低, 料堆小, 散热面较大, 好氧预处理过程所产生的热量大部分被耗散, 难以有效提高发酵原料的温度。另一方面, 试验设计的3个厚度水平差异不大, 导致好氧阶段3组试验中每层的温度差别不大, 分层对日产气特性没有明显的影响。

3.2 分层对渗滤液回流特性的影响

渗滤液回淋发酵工艺能够提高生产效率^[19]。Chugh等在研究渗滤液回灌对生活垃圾降解的影响时发现随产气速率增加, 产气高峰值提前出现, 并认为其原因是增加含水率和强化垃圾层的传质作用, 加速有机物水解酸化产物的溶出与稀释, 加速降解产生的抑制性物质的稀释与释出, 加速营养物质的均匀分布, 加速微生物的均匀分布, 加速营养物质及降解中间产物与微生物的接触等^[20]。分层对原料的日产气量和甲烷成分影响不大, 但对累计产气量、pH值、COD值影响较大, 分析其主要原因可能是分层并不能改变有机物的能量转换率, 但能通过改善渗滤液的回流特性而提高有机物的降解速率。减小分层厚度有利于回流液在发酵原料中的流动, 提高了传质的均匀性, 从而提高原料的产气效率。

4 结论

(1) 分层对原料厌氧反应前期的产气特性有显著影响, 降低床层厚度, 能够促进发酵原料的传质效率, 提高最大产气量, 缩短达到产气峰值的时间, 并提高发酵初期气体中的甲烷体积分数。

(2) 分层在厌氧反应后期对原料的日产气量和甲烷体积分数没有明显的影响。

(3) 分层对原料的累计产气量影响显著,降低床层厚度能提高原料的累计产气量和 TS 产气率。

(4) 随着反应的进行, pH 值逐渐增大, COD 值逐渐降低, 床层分层发酵对原料渗滤液中 pH 值和

COD 值有显著影响, 随床层厚度的减小, 渗滤液中的 pH 值和 COD 值相对变动的比例较小, 有利于原料中有机物的均匀分布。

(5) 分层主要通过改善渗滤液的回流特性, 来提高发酵原料的累计产气量。

参 考 文 献

- 1 王晓娇, 杨改河, 冯永忠, 等. 牲畜粪便与秸秆混合的厌氧发酵效果及影响因素分析[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(12): 2594-2601.
Wang Xiaojiao, Yang Gaihe, Feng Yongzhong, et al. Anaerobic co-digestion effects of manure and straw and analysis of influencing factors[J]. Journal of Agro-environment Science, 2011, 30(12): 2594-2601. (in Chinese)
- 2 宋籽霖, 李轶冰, 杨改河. 温度及总固体浓度对粪秆混合发酵产气特性的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 260-267.
Song Zilin, Li Yibing, Yang Gaihe. Effect of total solid concentration and temperature on biogas yields of mixture of chicken manure and corn straw[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(7): 260-267. (in Chinese)
- 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): 10-17.
Li Qiang, Qu Haoli, Cheng Lei, et al. Research progress on biogas dry fermentation[J]. China Biogas, 2010, 28(5): 10-17. (in Chinese)
- 4 朱洪光, 毕峻玮, 石惠娴. 全混式厌氧反应器搅拌方式分析与优化[J]. 农业机械学报, 2011, 42(6): 127-132.
Zhu Hongguang, Bi Junwei, Shi Huixian. Analysis and optimization of different mixing method in completely mixed digesters[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6): 127-132. (in Chinese)
- 5 景全荣, 黄希国, 吴丽丽, 等. 连续干式厌氧发酵中试系统设计与试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(增刊): 186-189.
Jing Quanrong, Huang Xiguo, Wu Lili, et al. Design and experiment of dry anaerobic digestion pilot plant for biogas producing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(Supp.): 186-189. (in Chinese)
- 6 Sharma V K, Testa C, Lastella G, et al. Inclined-plug-flow type reactor for anaerobic digestion of semi-solid waste [J]. Applied Energy, 2000, 65(1-4): 173-185.
- 7 卜明, 吴丽丽. 干法沼气工程发酵技术现状及发展趋势[J]. 农业机械, 2012(16): 115-118.
- 8 高新星, 赵立欣, 董保成, 等. 分离式两相厌氧发酵渗滤液回流对发酵过程影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 266-269.
Gao Xinxing, Zhao Lixin, Dong Baocheng, et al. Experimental study on effect of separated two-phase anaerobic fermentation leachate recirculation on anaerobic process[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(10): 266-269. (in Chinese)
- 9 周洪亮. 集约化养猪场粪污厌氧固态发“近零排放”工艺研究[C]//中国农业工程学会 2011 年学术年会, 2011.
- 10 Benbelkacem H, Bayard R, Abdelhay A, et al. Effect of leachate injection modes on municipal solid waste degradation in anaerobic bioreactor[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(14): 5206-5212.
- 11 Haleh Shahriari, Mostafa Warith, Mohamed Hamoda, et al. Effect of leachate recirculation on mesophilic anaerobic digestion of food waste[J]. Waste Management, 2012, 32(3): 400-403.
- 12 徐霄, 叶小梅, 常志州, 等. 秸秆干式厌氧发酵渗滤液回流技术研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(6): 1273-1278.
Xu Xiao, Ye Xiaomei, Chang Zhizhou, et al. Technique on recycle of leachate in biogas production from rice straw with dry anaerobic digestion[J]. Journal of Agro-environment Science, 2009, 28(6): 1273-1278. (in Chinese)
- 13 毕经毅, 夏吉庆, 马添翼, 等. 厌氧发酵系统中回流沼液的产甲烷活性研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(11): 2631-2634.
Bi Jingyi, Xia Jiqing, Ma Tianyi, et al. Research on specific methanogenic activity of circulate biogas slurry in anaerobic fermentation system [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(11): 2631-2634. (in Chinese)
- 14 李云雁, 胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- 15 邵森, 杨淑英, 张增强, 等. 不同处理对高含水率奶牛粪便好氧堆肥的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(5): 982-989.
Shao Miao, Yang Shuying, Zhang Zengqiang, et al. Effect of different treatments on composting of high water content dairy manure [J]. Journal of Agro-environment Science, 2010, 29(5): 982-989. (in Chinese)
- 16 韩捷, 向欣, 程红胜, 等. 好氧预处理对干法沼气发酵产气量的影响及能量损失[J]. 农业工程学报, 2011, 27(12): 246-249.
Han Jie, Xiang Xin, Cheng Hongsheng, et al. Effects of aerobic fermentation pre-treatment on dry anaerobic fermentation gas production and its energy loss[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(12): 246-249. (in Chinese)
- 17 Stevenson F J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions [M]. New York: John Wiley and Sons, 1982.
- 18 吴礼树. 土壤肥料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- 19 张粉艳, 赵炳鑫, 李志西, 等. 桑椹醋自回淋发酵生产工艺及其 DPPH 清除能力研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2007, 35(10): 183-188.
Zhang Fenyan, Zhao Bingxin, Li Zhixi, et al. Study on the auto-circular fermentation and DPPH eliminating ability of mulberry vinegar[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2007, 35(10): 183-188. (in Chinese)
- 20 Chugh S, Clarke W, Pullammanappallil P. Effect of recirculated leachate volume on MSW degradation[J]. Waste Management and Research, 1998, 16(6): 564-573.

Characteristic of Biogas Production in Multi-layer Anaerobic Dry Fermentation Reactor under Leachate Recirculation Conditions

Yuan Qiaoxia¹ Cheng Zhangju¹ Hua Zhaohui² Gao Yong¹ Huang Changqing¹

(1. College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

2. School of Marxism Studies, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China)

Abstract: A laboratory scale of multi-layer bed fermentation reactor was designed to study the influences of the layering and thickness on biogas characteristic of dry anaerobic fermentation using pig manure as fermentation substrates and straw as regulate material under the leachate recirculation conditions. The results showed that the bed layer anaerobic fermentation had significant impacts on cumulative gas production, the highest Nissan's volume, and methane content in the gas characteristics of raw materials. When the thickness of bed layer changed from 250 mm to 150 mm, the cumulative gas production rate increased from 135.7 L/kg to 172.1 L/kg, increased by 26.8%. The highest Nissan's volume increased from 97.4 L to 111.9 L, arose 14.9%, but had no obvious influences in average daily gas production. The highest methane content could be increased by 9% and the time of highest methane content had been advanced with the decreasing of thickness of bed layer significantly. Stratification of fermentation bed had a significant effect on leachate pH and COD value. With the increases of bed thickness, the pH value of three different groups of thickness treatment, 250, 200 and 150 mm, increased by 8.6%, 6.5% and 4.8% respectively from the initial value and the COD dropped by 21.0%, 15.0% and 14.0%. The thickness of bed layer affected leachate infiltration and backflow effect significantly.

Key words: Anaerobic dry fermentation Biogas characteristics Bed thickness Leachate