

# 牛粪湿法厌氧消化规律及载体影响的研究

李 杰<sup>1,2</sup>, 李文哲<sup>1\*</sup>, 许洪伟<sup>2</sup>, 王永成<sup>2</sup>

(1. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨 150030)

**摘 要:** 在 35℃ 条件下, 观察牛粪厌氧消化的沼气产量和生物指标的变化规律及聚丙烯网状空心球、玻璃纤维和碳纤维膜载体对牛粪厌氧消化性能的影响。结果表明: 5% 牛粪在厌氧发酵过程中, pH 值在发酵的第 3 d 降到最低, 在发酵的第 7 d 升高到 7 以上; 沼气的产量约在发酵的第 9 d 达到高峰, 而后逐渐降低; COD 的去除主要发生在发酵的第 4~8 d; 发酵产物细菌数量在发酵第 6 d 达到高峰, 在第 12 d 降低到一个基本相对稳定的水平; 辅酶 F<sub>420</sub> 活性与其细菌数量在时间和数量方面有着相同的变化规律。聚丙烯网状球形载体表面附着较多的微生物, 由此延长产气高峰期, 并显著提高沼气产量 ( $p < 0.05$ ), 以及显著降低反应器厌氧微生物的流失 ( $p < 0.01$ )。

**关键词:** 牛粪; 厌氧消化; 载体; 微生物

中图分类号: X713; X503.221

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)3-0186-06

李 杰, 李文哲, 许洪伟, 等. 牛粪湿法厌氧消化规律及载体影响的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 186-191.

Li Jie, Li Wenzhe, Xu Hongwei, et al. Rules of anaerobic digestion of cow manure by wet method and the effect of carriers [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 186-191. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

近年来, 随着中国畜牧业的迅速发展及养殖规模的不断扩大, 畜禽粪污的产量不断增加和集中。按照国家环保总局提供的畜禽粪尿排泄系数<sup>[1]</sup>和 2005 年全国猪、鸡、牛的存栏和出栏数量<sup>[2]</sup>计算, 2005 年全国猪、鸡、牛粪和尿的产量分别为 21.5 和 18.7 亿 t。在许多地方, 畜禽粪尿污染物排放量已超过居民生活和乡镇工业等污染物排放总量, 成为许多水源地、江河、湖泊严重污染和富营养化的主要原因<sup>[3]</sup>。畜禽废弃物的厌氧处理不仅减少其对环境的污染, 而且可以获得生物能源——沼气, 是其资源化程度和能量转化率最高的一种生物转化方式。每吨干牛粪、鸡粪和猪粪可产生沼气约 300、490 和 420 m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>。沼气的热值为 18017~25140 kJ/m<sup>3</sup>, 相当于 1 kg 原煤或 0.74 kg 标准煤所产的热量<sup>[5]</sup>。因此, 在能源紧缺的今天, 利用污染环境的畜禽废弃物生产清洁能源, 对于保护环境和缓解能源紧张有着重要的意义。

自然发酵沼气处理畜禽废弃物, 其处理效率很低, 沼气的生产仅有 0.1~0.5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> 池容。因此, 现代工业

化沼气生产多采用恒温、连续发酵处理有机废弃物和废水, 但连续发酵容易使反应器中的微生物随污泥的排出而流失。工业有机废水的厌氧处理主要采用颗粒污泥使厌氧微生物附着其上形成生物膜, 提高沼气的发酵速率。但畜禽废弃物浓度较高, 固体颗粒较大, 颗粒污泥作为微生物载体不适合于处理高浓度的畜禽废弃物。因此, 采用固定载体可以提高和保持反应器中微生物的高密度, 但处理高浓度畜禽粪污适宜载体材料和结构的研究报道较少。为此, 采用废水好氧处理的聚丙烯网状空心球形载体(球形载体)、价格低廉且易于成形的玻璃纤维和吸附能力强的碳纤维膜作为牛粪厌氧发酵的微生物载体, 观察在中温发酵条件下, 牛粪厌氧消化沼气产量、pH 值、COD 去除率、发酵产物微生物含量及产甲烷菌特有的辅酶 F<sub>420</sub> 活性的变化规律, 以及载体对这些指标的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 污泥驯化

接种污泥取自于哈尔滨市郊区养鱼塘底部的污泥, 其总固体(TS)含量为 40%~50%, 挥发性固体(VS)为 3%~5%。试验所用的基质材料是牛粪, 取自东北农业大学动物营养研究所的试验奶牛, TS 含量为 18%~21%。将 2500 mL 污泥和牛粪的混合液(按干物质质量的 1:3)加入到 4 个 3000 mL 玻璃反应器中。反应器的上口用橡胶塞封严, 橡胶塞通入 3 个玻璃管作为气体取样口、排气口和进料口。排气口连接乳胶管通入倒置在水中的量筒中, 计量每日的沼气产量。将 4 个厌氧反应

收稿日期: 2006-03-16 修订日期: 2006-11-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(50376009); 黑龙江省科技攻关项目(GC03A304)

作者简介: 李 杰(1960-), 女, 研究员, 主要从事畜禽废弃物生物处理技术的研究。哈尔滨 东北农业大学农业工程学院, 150030

\*通讯作者: 李文哲, 哈尔滨 东北农业大学农业工程学院, 150030。Email: liwenzhe9@163.com

器放到 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的生化培养箱中进行污泥驯化,驯化时间约30 d。试验装置见图1。

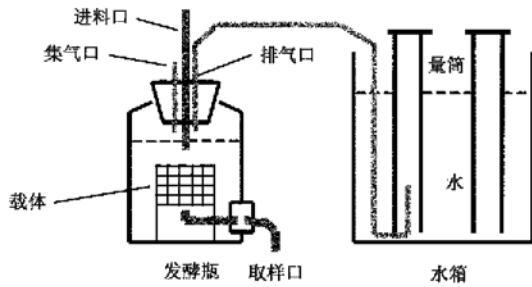


图1 厌氧发酵装置示意图

Fig. 1 Sketch map of anaerobic fermentation reactor

## 1.2 试验设计和试验方法

试验采用二因素(不同载体和发酵时间)无重复设计方法。取新鲜牛粪按TS为5%与水混合,混合物的总容积为1800 mL,分别加入到6个反应器中,再各添加300 mL驯化料液。在1、2和3号瓶中分别放入聚丙烯球形载体(球形载体)、玻璃纤维布(缠绕在塑料支架上)和碳纤维膜(镶嵌在聚氯乙烯制成的孔道中,孔道的长宽分别为2.5和1.2 cm)(图2),4号瓶作为对照,5、6号瓶作为取样补充反应器(无载体)。反应器内TS的实测值为4.95%,VS为4.50%。

从试验的第2 d开始从反应器的下口取样50 mL,每隔1日由补充反应器中往4个试验反应器中补充发酵料液100 mL。每日记录沼气产量,测定样品的pH值和COD值,每隔一天测定样品辅酶F<sub>420</sub>活性和细菌数量。在试验结束后,取出载体采用扫描电子显微镜(日立公司生产的S-3400N型扫描电子显微镜)观察载体表面附着的微生物和生物膜厚度。

## 1.3 指标测定方法

采用HI9224式便携式酸度计即时测定样品的pH值。采用江芬HH-6型COD仪测定样品COD值。每隔一天取一次样品,取样品的上清液稀释100倍,再取1 mL放入血球计数板中,在显微镜下,观察和记录细菌的数量。辅酶F<sub>420</sub>活性采用分光光度法测定<sup>[6]</sup>。

## 2 试验结果

### 2.1 不同载体对牛粪厌氧消化pH值的影响

4个试验反应器的pH值在开始发酵时基本相同(图2),在6.82~6.93之间,到发酵的第3 d pH值直线降到6.7左右,从第4 d球形载体、玻璃纤维和对照反应器的pH值开始逐渐上升,到发酵的第7 d pH值达到7以上;在发酵的8~25 d,pH值一直维持在7.0~7.2之间。而碳纤维膜反应器的pH值在试验的前5 d

直线下降,然后在发酵的第16 d,pH值稍有升高,后又逐渐降低。在整个的发酵期间,装有碳纤维膜反应器的pH值约在6.6左右浮动。

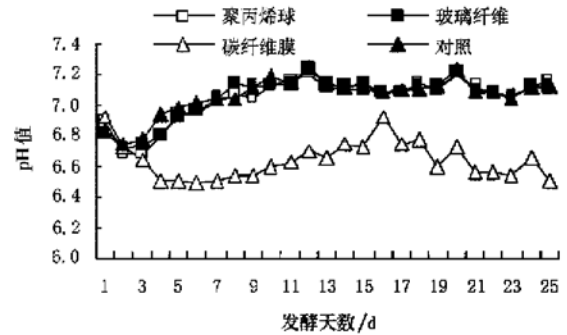


图2 不同载体反应器的pH值

Fig. 2 pH values in reactors containing different carriers

### 2.2 不同载体对牛粪厌氧消化沼气产量的影响

试验结果见图3。除碳纤维膜反应器之外,球形载体、玻璃纤维和对照反应器的沼气产量在试验的前3 d直线上升,而后上升速度减慢,到发酵的第9 d达到高峰,3个反应器分别达到990、1150和1060 mL/d。从发酵的第10 d开始玻璃纤维和对照反应器沼气产量逐渐降低,到发酵的第16 d降低到760 mL/d和710 mL/d;而球形载体反应器的沼气产量在此期间则上升到1300 mL/d以上,到发酵的第16 d以后产气量与玻璃纤维和对照反应器相同,逐渐降低,到发酵的第25 d,3个反应器约降至400 mL/d左右。在25 d的试验期间,碳纤维膜反应器的沼气产量一直很低,在发酵的前8 d,仅有100 mL/d左右,以后维持在200 mL/d左右。

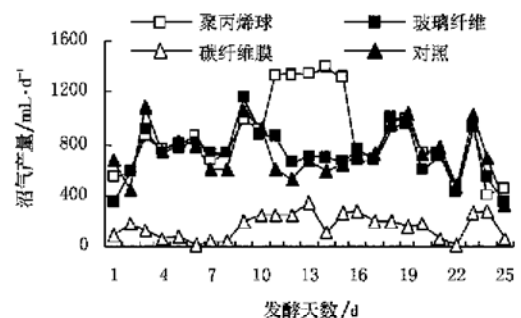


图3 不同载体反应器的沼气产量

Fig. 3 Biogas yield in reactors containing different carriers

球形载体、玻璃纤维、对照和碳纤维膜反应器的沼气总产量分别为21400、18150、18270和4040 mL,与对照相比,球形载体反应器的沼气产量提高17.1%。按单位干物质产气量计算,球形载体、玻璃纤维、对照和碳纤维膜反应器的平均产气量分别为206.3、174.6、174.0和38.9 mL/g。球形载体反应器比对照提高18.6%。对

每天的产气量采用二因素(时间和处理)无重复(LSR)方法分析得出,球形载体、玻璃纤维和对照反应器的产气量非常显著地高于碳纤维膜反应器( $p < 0.01$ ),球形载体反应器显著高于玻璃纤维和对照反应器( $p < 0.05$ ),而玻璃纤维与对照反应器的产气量差异不显著。

### 2.3 不同载体对牛粪厌氧发酵 COD 去除率的影响

COD 去除率见图 4。球形载体、玻璃纤维和对照的 COD 去除率随时间的变化趋势基本相同,在 1~3 d 变化较小,在发酵的 4~8 d 迅速升高,由第 3 d 的不足 10% 升至 60%,此时也是 pH 值由低升高的时期,也是沼气产量上升至高峰的阶段。COD 去除率在 9~22 d 之间升高的幅度很小。由此看出, COD 去除率主要发生在 4~8 d。载体对 COD 去除率的影响未达显著水平。碳纤维膜反应器 COD 去除率的变化模式与以上 3 个反应器基本相同,仅在在发酵的 21~25 d,其 COD 去除率达到 90% 以上。4 个反应器平均的 COD 去除率依次为碳纤维膜(62.39%) > 球形载体(59.05%) > 对照(57.32%) > 玻璃纤维(56.83%)。

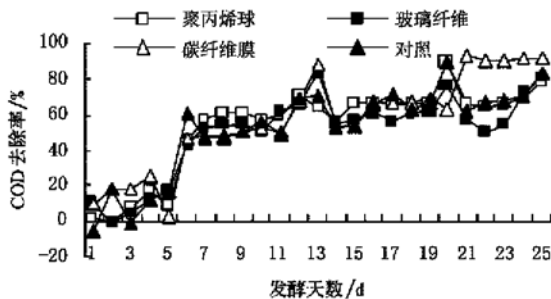


图 4 不同载体反应器的 COD 去除率  
Fig. 4 COD removal rate in reactors containing different carriers

### 2.4 不同载体反应器的厌氧菌数量和载体表面的扫描电镜观察

4 个反应器样品的细菌数量随时间的变化模式基本相同(图 5),在发酵的前 4 d 增加较为缓慢,在 6~8 d 出现高峰,不同反应器出现的高峰不同,对照反应器最高,其次是玻璃纤维反应器,碳纤维膜反应器第三,球形载体反应器最低。在发酵的 12~26 d,4 个反应器的细菌数量均维持在一个相对稳定的数量,其中玻璃纤维和对照反应器的细菌数量维持在  $100 \times 10^6$  个/mL 左右;碳纤维膜反应器维持在  $85 \times 10^6$  个/mL 左右;而球形载体反应器的细菌数量维持在  $80 \times 10^6$  个/mL 左右。

以上结果表明,发酵样品在 6~8 d 的细菌数量较高,在发酵的 12 d 后,细菌数量基本保持相对稳定的数

量。这似乎表明在发酵的 12 d 后,微生物附着在载体上,而且附着数量的大小与微生物载体的种类有关。经过对每天样品的微生物数量进行二因素无重复(LSR)方法分析表明,对照反应器微生物 26 d 的平均数量非常显著地高于球形载体反应器( $p < 0.01$ ),显著高于碳纤维膜反应器( $p < 0.05$ ),但与玻璃纤维反应器差异不显著。球形载体在整个的发酵期间,从下口所取样品的平均细菌数量比对照低 22%,这表明球形载体留驻了一些细菌,使随样品流出的细菌数量明显降低。

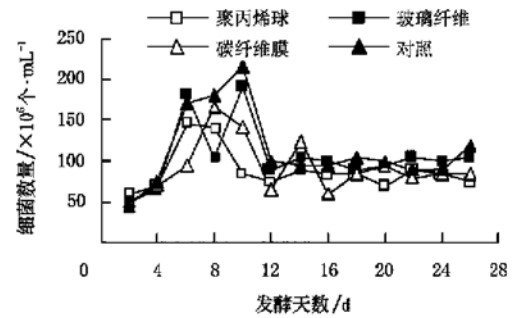


图 5 不同载体反应器样品中的细菌数量  
Fig. 5 Bacteria amount in reactors containing different carriers

电镜扫描照片显示(图 6),丙烯球形载体表面附着一层生物膜(图 6a),不同部位其厚度不同,生物膜厚度在  $12.3 \sim 23.80 \mu\text{m}$  之间。聚丙烯球载体表面附着较多的厌氧菌,有球菌、短杆菌和长杆菌,其中球菌数量最多;玻璃纤维表面有些部位附着一些生物膜,但附膜面积较小,未见明显的细菌;碳纤维膜的纤维表面比较光滑,未见有生物膜和微生物附着,而在纤维之间附着一些生物膜。由载体表面的电镜扫描照片看出,聚丙烯球形载体表面附着的微生物数量明显多于玻璃纤维和碳纤维膜。

### 2.5 不同载体对牛粪厌氧发酵样品辅酶 F<sub>420</sub> 活性的影响

辅酶 F<sub>420</sub> 的活性见图 7。4 个反应器辅酶 F<sub>420</sub> 活性与样品的细菌数量随时间的变化趋势基本相同。在发酵的前 4 d,4 个反应器的辅酶 F<sub>420</sub> 活性比较低,在发酵的第 6 d 4 个反应器辅酶 F<sub>420</sub> 活性达到最高值,在发酵的 8~10 d 有所降低;在发酵的第 12 d 4 个反应器均出现一个小高峰,在发酵的 14~24 d 4 个反应器的辅酶 F<sub>420</sub> 活性逐渐下降。试验结果表明,辅酶 F<sub>420</sub> 活性受载体的影响与细菌数量基本相同,与对照比较,球形载体、玻璃纤维、碳纤维膜反应器的辅酶 F<sub>420</sub> 活性分别降低 20.8%、16.6%、和 15.9%。

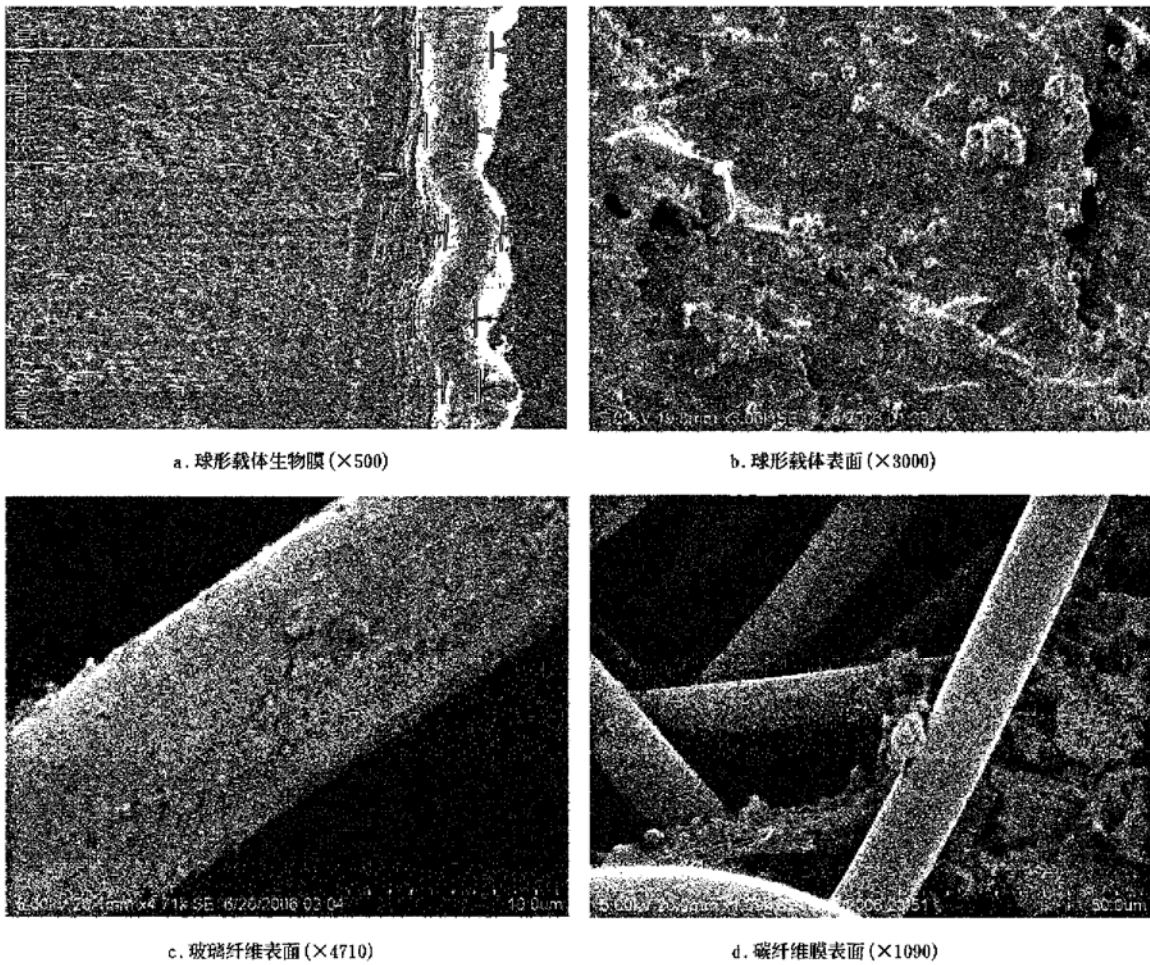


图6 载体表面电镜扫描照片

Fig. 6 Scanning electron micrographs of carrier surface

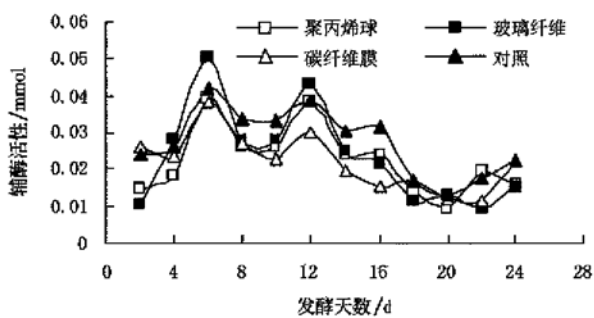


图7 不同载体反应器样品的辅酶 F<sub>420</sub> 活性

Fig. 7 Activity of coenzyme F<sub>420</sub> in sample in reactors containing different carriers

### 3 讨论

#### 3.1 牛粪厌氧消化指标的变化规律

由于牛粪已经过瘤胃的厌氧发酵和真胃、小肠的消化,养分含量已经所剩较少,其厌氧发酵的生物学反应、沼气产量、COD 等指标的变化规律有其独特性。试验结

果表明,在不出现异常的情况下,5%牛粪厌氧消化的 pH 值在第 3 d 达到最低值,仅为 6.7 左右,约在发酵的第 7 d pH 值达到 7 以上。在 35℃ 条件下,牛粪厌氧发酵酸化阶段较短,而且 pH 值很快恢复到产甲烷菌适宜的范围。正常反应器的沼气产量在发酵的第 9 d 达到高峰,以后逐渐降低。在添加聚丙烯球载体时,使产气高峰持续 3~ 4 d;5%牛粪厌氧发酵时,COD 的去除主要发生在发酵的第 4~ 8 d,去除率由第 3 d 的不足 10% 升至 60%,此时也是 pH 值由低升高的时期,也是沼气产量上升至高峰的阶段。甲烷菌适宜的 pH 值为 6.8~ 7.8,甲烷菌对 pH 值较为敏感,当 pH 值低于 6.7 时,甲烷菌的活性受到抑制。碳纤维膜反应器的 pH 值在 6.6 左右,因而导致较低的沼气产量。

由反应器下口所取样品的细菌数量在发酵的第 6~ 10 d 增加 2~ 3 倍,在发酵的 12 d 后,细菌数量降低,并基本保持一个相对稳定的数量。由 COD 值可知牛粪在发酵 12 d 后,可利用的养分减少,因此导致发酵后期细菌数量的降低。在发酵的 12 d 后,聚丙烯球形载

体反应器的细菌数量比对照低 22%。载体表面的电镜扫描照片也显示聚丙烯球形载体表面附着的微生物数量和生物膜厚度明显高于玻璃纤维和碳纤维膜,这表明聚丙烯球载体可以提高反应器内微生物的密度,降低厌氧微生物的流失数量。辅酶 F<sub>420</sub>是甲烷菌特有的酶,在理论上应与甲烷菌数量具有相同的变化规律。本试验结果证明,辅酶 F<sub>420</sub>活性与反应器流出的细菌数量在时间和数量方面有着相同的变化规律,在发酵的第 6 d 达到高峰,而后逐渐降低。辅酶 F<sub>420</sub>活性在某种程度上可以作为产甲烷菌数量变化的参考。但辅酶 F<sub>420</sub>活性的测定方法步骤繁琐,大都是手工操作,因此在测定方法上容易出现误差。

### 3.2 三种物质作为畜禽粪污厌氧消化微生物载体的可行性

厌氧微生物尤其是产甲烷菌很容易附着在粗糙的固体表面上形成生物膜。载体的表面积、粗糙性、极性、电荷、结构等都影响厌氧微生物的附着<sup>[7,8]</sup>。玻璃纤维布价格低廉,耐腐蚀性强,并易于成形。本试验的电镜扫描照片显示,玻璃纤维表面附着的生物膜和厌氧微生物较少,因此对沼气产量、COD 的去除率及样品的微生物数量没有显著的影响。

聚丙烯网状空心球是污水好氧处理采用的微生物载体。试验结果表明,聚丙烯球形载体使牛粪厌氧消化沼气总产量提高 17.1%,单位重量的产气量提高 18.6%;在 26 d 的发酵期间,聚丙烯球形载体使发酵产物流出的细菌数量降低 22%,辅酶 F<sub>420</sub>活性比对照低 20.8%。电镜扫描照片也显示聚丙烯球形载体附着较多的微生物和生物膜,这是提高反应器沼气产量和降低厌氧菌流失的主要原因。聚丙烯球形载体是高浓度畜禽粪污厌氧处理的良好载体。Yang 等<sup>[9]</sup>采用多孔的聚亚胺酯泡沫作为有机废水厌氧处理的微生物载体,发现聚亚胺酯空隙表面附着较多的厌氧菌,导致反应器的累计甲烷产量比对照提高 2 倍多。马兆昆等<sup>[10]</sup>的试验表明,聚丙烯、聚酯及疏水的碳纤维毡比聚乙烯醇及亲水性的碳纤维毡更容易吸附厌氧菌,既厌氧菌在疏水性材料表面比在亲水性表面附着的多,聚丙烯表面附着的厌氧生物膜厚度比聚乙烯醇高一倍,稍低于疏水的碳纤维毡。佟树声<sup>[11]</sup>在上流式污泥床反应器试验中使用了聚脂长丝作为厌氧微生物的载体,发酵 50 d 后,随着时间的延长有机负荷和产气率与对照的差异逐渐增大,有机负荷最高时达到 100 kg/m<sup>3</sup>,而对照最高时仅为 20 kg/m<sup>3</sup>,产气率比对照反应器提高 3~4 倍。

Kuroda 等<sup>[12]</sup>研究产甲烷菌和产酸菌在不同载体上的附着,结果表明含碳物质构成的载体上厌氧微生物的附着和生物膜的特性最好。Yang 等<sup>[13]</sup>采用固定和流

动的碳纤维毡作为微生物载体处理有机废水,固定碳纤维毡反应器的累计甲烷产量比对照高 2 倍多,比流动的碳纤维毡反应器高 1 倍多。本实验采用的碳纤维膜比较薄,其纤维的微观结构与碳纤维毡不同。本试验碳纤维膜的载体支架不够合理是导致 pH 值和沼气产量低的主要原因,由于未采取任何的固定措施,致使碳纤维膜堆卷而使孔道不畅通,在反应器下口放出的样品固体含量较少,因此测定出较低的 COD 值和计算出较高的 COD 去除率。本实验在牛粪的酸化阶段,就将载体放入反应器内,孔内的挥发酸含量较高,孔内外的料液不流通,抑制了产甲烷菌的活性,导致较低的 pH 值,也导致了极低的沼气产量。本课题组在其它的碳纤维毡试验中也出现过类似的结果,但通过改变放入载体的时间和增加流动次数,可以消除筒状载体的不利影响。

以上结果显示,不仅载体材料影响有机废物的厌氧消化,而且载体结构也影响厌氧处理效果。周孟津等<sup>[14]</sup>在升流式反应器中添加半软性纤维填料处理鸡粪,VSS 浓度为 37.4g/L,添加载体并未表现出优势,其原因是呈朵状的纤维载体携带大量污泥,出水口和出气口有时发生堵塞现象,因而没有发挥出载体的作用。Young 和 Dahab<sup>[15]</sup>采用上下具有波纹孔的塑料模组件、波尔环和有孔球厌氧处理有机废水,模组件反应器的沼气产量和生物膜厚度明显高于波尔环和有孔球,随着反应器运行时间的延长和有机负荷的不断增大,有孔球因空隙堵塞而使反应器运行失败。本试验采用的碳纤维膜支架孔道的宽度不够,因而导致碳纤维膜堆卷几堵塞支架孔道。

由以上看出,不仅载体材料对牛粪厌氧发酵的产气量和发酵产物细菌数量有影响,而且载体的结构也对其发酵指标产生较大的影响。由于畜禽废弃物浓度高,固体颗粒大,载体表面不但要粗糙,而且载体空隙的直径一定要大于 3 cm,载体才不至于被料液中的固体黏附而堵塞,导致发酵出现异常。

## 4 结 论

1) 在 35℃ 条件下,5% 牛粪厌氧处理的 pH 值降低程度较小,而且恢复较快;在发酵的第 9 d,沼气产量达到高峰,而后逐渐降低;COD 去除率主要发生在发酵的 4~8 d。

2) 添加聚丙烯网状球形载体可延长产气高峰,并显著提高沼气产量,显著降低发酵产物细菌的流失。

### [参 考 文 献]

- [1] 国家环境保护总局. 畜禽养殖排污系数表[EB/OL]. <http://search.sepa.gov.cn/cgi-bin/wstsearch?tn=huan&lastq>, 2004-07-13 06:52.

- [2] 刘瑞. 2005年中国牲畜存栏和出栏数量[EB/OL]. <http://www.caaa.cn/show/newsarticle.php>. 2006-9-22.
- [3] 王方浩, 马文奇, 窦争霞, 等. 中国畜禽粪便产生量估算及环境效应[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5): 614-617.
- [4] GB 9958-88. 农村家用沼气发酵工艺规程[S].
- [5] 刘树民, 韩靖玉, 岳海军. 中国北方寒冷地区沼气的综合开发利用[J]. 内蒙古农牧大学学报, 2002, 24(4): 83-86.
- [6] 俞毓馨, 吴国庆, 孟宪庭. 环境工程微生物检验手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [7] 贺延龄. 废水的厌氧生物处理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 1, 111-120.
- [8] Van Den Berg L, Kennedy K J. Support materials for stationary fixed films reactors for high-rate methanogenic fermentations[J]. Biotech Lett, 1981, 3(4): 165-170.
- [9] Yang Y, Tada C, Tsukahara K, et al. Methanogenic community and performance of fixed and fluidized bed reactor with reticular polyurethane foam with different pore sizes[J]. Materials science and Engineering, 2004, C 24: 8 803-813.
- [10] 马兆昆, 刘杰. 碳纤维表面特性对兼性及厌氧微生物固着的影响[J]. 材料研究学报, 2004, 18(1): 60-65.
- [11] 佟树声. 以纤维填料生物膜反应器处理糖厂废水的发酵试验[J]. 中国沼气, 1991, 9(1): 5-10.
- [12] Kuroda M, Yuzawa M, Sakakibara Y, et al. Methanogenic bacteria adhered to solid supports[J]. Water Research, 1988, 22(5): 653-659.
- [13] Yang Y, Tsukahara K, Sawayama S, et al. Anaerobic digestion by a fixed and fluidized hybrid reactor packed with carbon felt[J]. Materials science and Engineering, 2004, C 24: 893-899.
- [14] 周孟津, 杨秀山, 初一宁, 等. 增设软纤维填料对升流式固体反应器(USR)性能的影响[J]. 中国沼气, 1995, 13(1): 8-11.
- [15] Young J C, Dahab M F. Effect of media design on the performance of fixed-bed anaerobic reactors[J]. Water Sci Tech, 1983, 15: 369-383. microbe.

## Rules of anaerobic digestion of cow manure by wet method and the effect of carriers

Li Jie<sup>1,2</sup>, Li Wenzhe<sup>1\*</sup>, Xu Hongwei<sup>2</sup>, Wang Yongcheng<sup>2</sup>

(1. Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. Animal Science and Technology College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Experiments were conducted to observe the effects of polypropylene net ball, fiberglass and carbon fiber film carriers on biogas production, pH values, COD removal rate, microorganism and activity of coenzyme F<sub>420</sub> in the outflow fermented and fermentation rules in the anaerobic condition of 5% cow manure. pH values decreased to the lowest at the third day of fermentation, then increased above 7 at the 7th day of it. Biogas output reached the highest pinnacle at the ninth day of it, then decreased gradually. COD removing happened mainly during 4~8 day of fermentation. The amount of bacteria in the outflow fermented was the highest at the sixth day of it, then decreased to relatively stabilizing level during 12~26 day of it. The activity of coenzyme F<sub>420</sub> was the same changing rule as the amount of bacteria in the outflow fermented. Polypropylene adhered more anaerobic microbes to its surface, and prolonged pinnacle significantly and increased biogas yield ( $p < 0.05$ ) and reduced significantly outflow of microorganism with outflow of fermented manure ( $p < 0.01$ ).

**Key words:** cow manure; anaerobic digestion; carriers; microbes