猪羊粪及其配比发酵沼气试验初报

李木子，孙军德

(沈阳农业大学土地与环境学院，辽宁沈阳110161)

摘要：提高农村户用沼气的产气速率和畜禽粪便等农业废弃物的利用率，是当前循环农业领域面临的主要问题。本实验利用自行设计的恒温厌氧发酵装置，模拟农村户用沼气发酵过程，研究不同畜禽粪便混合配比(干物质比)对沼气发酵的影响。厌氧发酵试验表明，单纯发酵原料难以满足产甲烷菌对C：N的需求，分别存在产气启动慢，产气量低等缺点。而通过合理的富氮和富碳的发酵原料配比可以有效地加快发酵产气并提高产气量和沼气中CH_4含量。

如何高效地利用农业废弃物发酵沼气，是当今农业面临的重大挑战。国内外的科研机构和高校在这方面做了大量的研究。刘德江[1]
研究表明，与单一发酵原料发酵沼气相比，家畜粪便混合或家畜粪便与秸秆混合可以有效地提高沼气产量，当提高发酵原料中牛粪的比例时，气体中CH_4
的含量明显增高，同时，猪粪在厌氧发酵过程中容易发生酸化，从而造成产气量下降甚至停止产气，而羊粪、牛粪却不容易发生酸化，基本上不影响产气量。李文哲[2]
研究表明，在温度和料液浓度较高、水停留时间较长时，发酵液中的丙酸含量也随之提高，并对接下来的产甲烷期造成负面影响。

微生物生产沼气原料的最适碳氮比为25：1，单一发酵原料难以满足要求，因而研究混合原料不同比例发酵具有重要意义。本实验研
究相同温度下，猪粪、羊粪单一原料
发酵及不同比例混合发酵对沼气产量及CH_4含量的影响，旨在为提高沼气产量及质量提供理论依据。

1材料与方法

1.1材料

试验原料取自沈阳农业大学后山养殖场新鲜的牛粪、羊粪；试验接种物取自沈阳市东陵区农户自用沼气池中的池底污泥。发酵原料的碳氮含量见表1。

表 1 发酵原料碳氮含量

Table 1 Carbon and nitrogen content of the fermentation materials

发酵原料	猪粪	羊粪	接种物
全碳含量 /%	7. 20	7. 81	5. 44
全氮含量 /%	0. 60	0. 29	0. 40
碳氮比	12: 1	27: 1	14: 1

1.2方法

1.2.1发酵试验 自行设计的恒温厌氧发酵装置，该装置由发酵瓶、集气瓶、集水瓶3部分组成。采用1500mL的有机玻璃杯作为发酵瓶和集气瓶，分别在发酵瓶和集水瓶上打孔以作为取样孔和出水孔，并采用止水夹封住取样孔。发酵瓶和集气瓶之间采用10mm×8mm的硅胶管连接。

集水瓶采用100mL的量筒，向下排水集气法，所有的连结处均做密封处理。结构示意见图1。

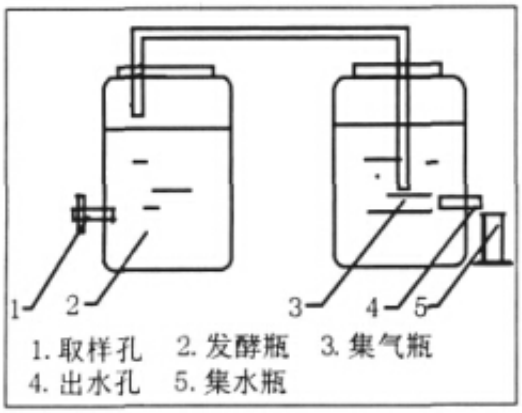

图 1 恒温厌氧发酵装置

Fig 1 Constant temperature anaerobic fermentation device

本次试验采用接种物量为20%，总固体8%的发酵浓度。发酵液配方分为以下4组：组Ⅰ：纯猪粪发酵；组Ⅱ：纯羊粪发酵；组Ⅲ：猪粪：羊粪(干物质比)=1：1混合发酵；组Ⅳ：猪粪：羊粪(干物质比)=1：2发酵。每一种配方的发酵液取2个平行试验。分别将Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ4个实验组，置于1500mL的发酵瓶内敞口预处理9d，然后分别密封并连接导气管和集气瓶，将发酵装置放入恒温培养室，在(28±1)℃恒温条件下进行厌氧发酵30d。

1.2.2分析测定方法 日产气量、累积产气量采用向下排水法计量，发酵液的pH值采用智能pH计(PHS225型)测定，气体中CH4含量采用ZS22型沼气分析器测定。

2结果与分析

2.1预处理中不同发酵组 pH值的动态变化

按照配方配置好的发酵液混合物，搅拌均匀后，在1500mL的发酵瓶中进行为期9d的室温(20℃)好气堆沤。在堆沤过程中，每天测定一次体系的pH值，发酵液pH值变化情况见图2。由图2可以看出，组Ⅰ在整个预处理过程中的pH值始终维持在较低水平，呈酸性。组Ⅱ的pH值则一直保持在碱性范围内波动直到预处理结束；混合原料发酵实验组中：组Ⅲ在堆沤开始时pH值为7.50，第3天其pH值下降至6.95，呈酸性，随后又开始升高，并维持碱性，预处理结束时，组Ⅲ的pH值为7.50；组Ⅳ在整个预处理过程中，pH值变化趋势与组Ⅲ相似，均经历了一个先下降再升高，而后趋于稳定的过程，但相对于组Ⅲ，组Ⅳ的pH值变化幅度较小，且在整个预处理过程中，始终维持在碱性范围内。

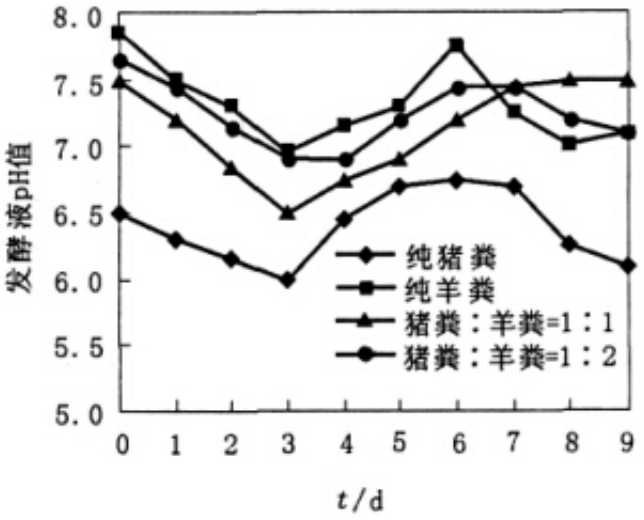

图 2 预处理过程中的 pH值变化

Fig 2 Variation of pH values in pretreatments

2.2厌氧发酵过程中不同发酵组 pH值动态变化

厌氧发酵实验过程中，每3d测定一次发酵液pH值。沼气发酵试验过程中发酵液pH值变化情况见图3。由图3可知，组Ⅰ在发酵第9天pH值降低至6.20，通过人为添加碱的方式调至pH7.00，在随后的发酵过程中，其pH值始终维持在6.50以上，发酵结束时，pH值为7.10；组Ⅱ pH值在整个发酵过程中保持在较高的水平，在发酵进行第15天降低至6.70，发酵结束时其pH值为7.20。混合原料发酵组中：组Ⅲ在发酵刚开始时pH值迅速降低，第12天时降低到6.45，随后又开始升高，并维持在6.50以上，至发酵结束时组ⅢpH值7.30；组Ⅳ的pH值变化幅度最小，发酵第6天pH值降低至6.90，后开始升高，第15天升高至7.31，发酵结束时pH值为7.20。

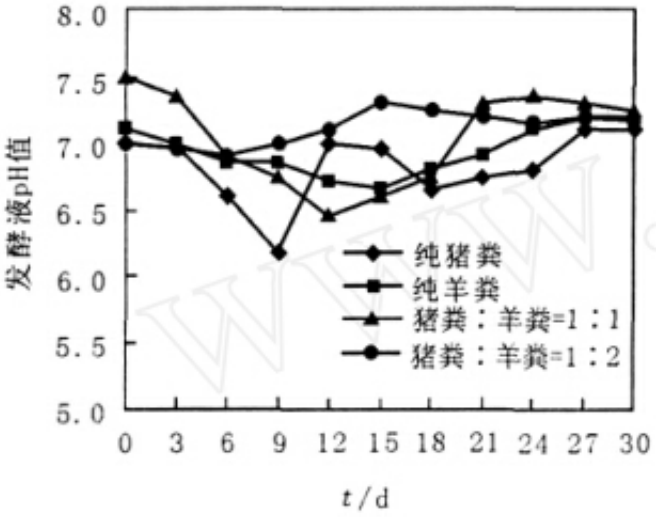

图 3 发酵过程中 pH值变化

Fig 3 Variations of pH in fermentation

2.3不同发酵原料配比产气变化情况

不同发酵原料配比的发酵液日产气量变化情况见图4。由图4可知，组Ⅰ产气启动最快，厌氧发酵开始1d即有少量气体产生，其日产气量在第4天达到100mL，随后迅速下降，发酵第8天，组Ⅰ产气完全停止，人为添加碱调节体系pH值后，恢复产气，并于第11天达到日产气高峰246mL/d；组Ⅱ产气启动较组Ⅰ缓慢，发酵第9天开始产气，第16天达到日

产气高峰325mL/d，后开始逐渐下降，但其日产气量始终高于组Ⅰ。混合原料发酵组中，组Ⅲ在第6天开始产气，其日产气量在第10天达到峰值375mL/d，随后开始缓慢降低，第24天降低到175mL/d，至发酵进行第30天，组Ⅲ的日产气量只有47mL/d；组Ⅳ在发酵第4天开始产气，随后其日产气量随发酵进行开始升高，至发酵第9天达到日产气高峰350 mL/d。

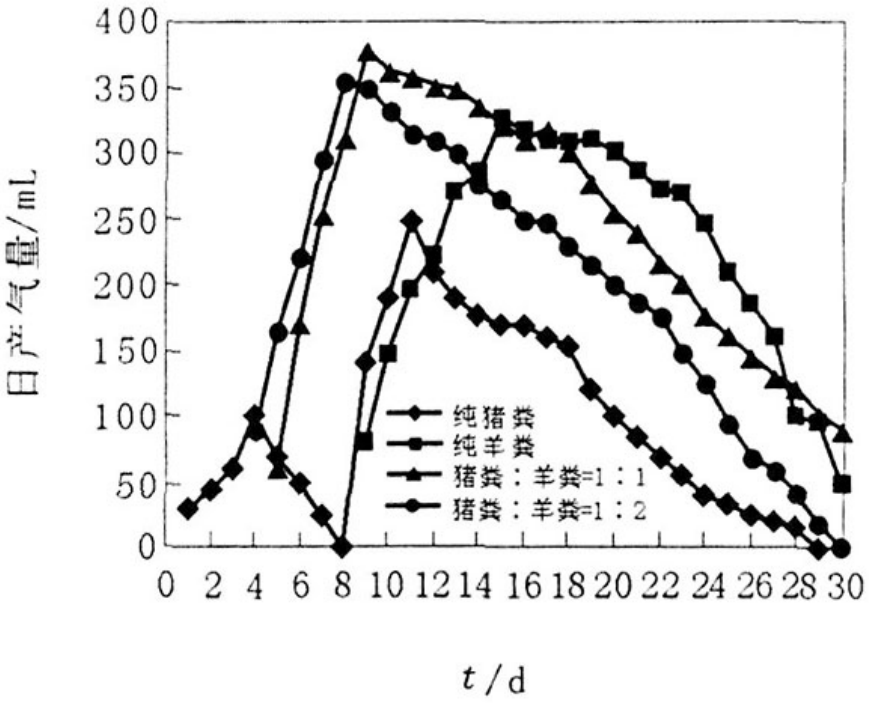

图 4 日产气量变化

Fig 4 Variations of daily biogas yields

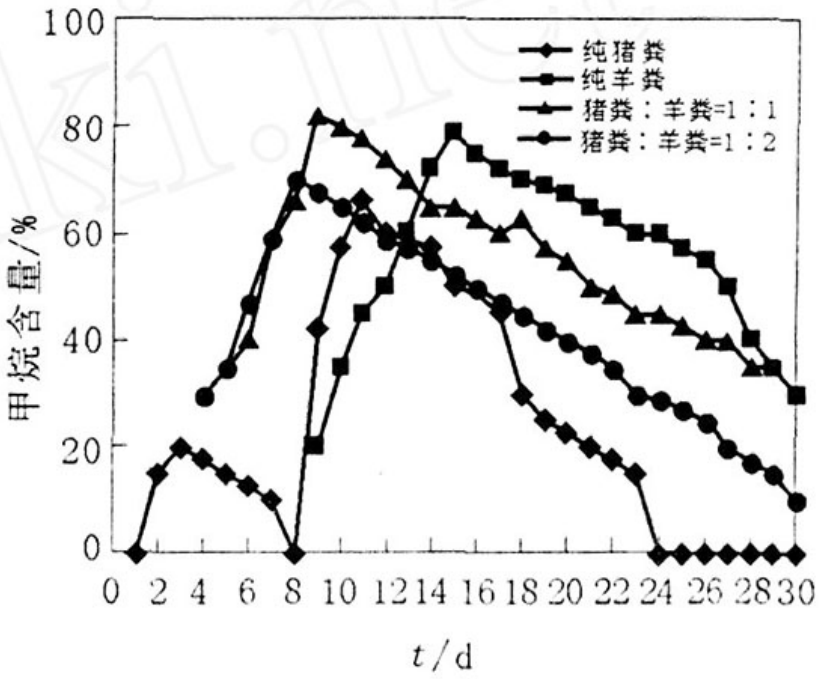

图 5 不同发酵原料 CH_4 含量

Fig 5 CH_4 content in different fermentation materials

不同发酵原料配比的发酵液CH_4含量变化情况见图5。组ⅠCH_4含量一直较低，在发酵进行第11天达到60%，随后开始迅速降低，发酵第25天后所产气体中无CH_4。组Ⅱ在发酵第9天产气启动时的CH_4含量为21%，发酵第15天达到峰值79%，后缓慢降低，发酵结束时，其CH_4含量为30%。组Ⅲ在发酵第5天产气启动后CH_4含量就达到35%，随后继续升高，发酵第9天达到峰值82%，并维持在较高水平至发酵第14天开始缓慢降低，发酵结束时CH_4含量仍保持在30%；组Ⅳ在发酵第8天达到CH_4含量峰值70%，后开始逐渐降低，发酵结束时，其CH_4含量仅有10%。混合原料发酵组中，组Ⅲ相对于组Ⅳ具有更高的CH_4含量峰值和更长的持续时间。

不同发酵原料配比的发酵液累积产气量及干物质产气率见表2。由表2可知，经过恒温28°C，30d的厌氧发酵试验，不同发酵原料累积产气量由高到低的顺序为：组Ⅲ>组Ⅳ>组Ⅱ>组Ⅰ。

组Ⅰ的累计产气量最低(2749mL)，仅为组Ⅲ(累积产气量为6258mL)的1/2。混合原料的累计产气量均高于单一原料，组Ⅲ的累积产气量高于组Ⅳ。单就累积产气量而言，组Ⅲ明显优于组Ⅳ，较之高出922mL。干物质产气率由高到低依次为：组Ⅲ>组Ⅳ>组Ⅱ>组Ⅰ。

表 2 不同发酵原料累计产气量及干物质产气率

Table 2 Cumulative gas production and gas production rate of dry matter of different materials

	组 Ⅰ	组 Ⅱ	组 Ⅲ	组 Ⅳ
累计产气量 /mL	2 749	4 932	6 258	5 336
干物质产气率 /(mL·g^{-1} TS)	34. 36	61. 65	78. 22	66. 70

3讨论

在进行厌氧发酵前，对发酵原料、接种物的混合物进行为期9d的好气预处理，有助于发酵原料中复杂有机物的分解产酸，猪粪产酸速度最快，羊粪最慢。4组不同原料发酵液pH值均经历了一个先降低后升高的过程，原因是产酸菌将原料中复杂有机物分解产生挥发性脂肪酸(VFA)和有机酸致使体系pH值下降，继而酸随产气菌代谢被分解，pH值开始升高并趋于稳定。猪粪在厌氧发酵过程中易发生酸化，从而造成产气量下降甚至停止，需要人为地调节体系的pH值才能维持产气；而羊粪及混合原料发酵组不会产生酸化现象。由于猪粪中含有较高的粗脂肪、粗蛋白成分，在厌氧发酵初期被微生物分解产酸，造成体系pH值迅速下降，抑制了产甲烷菌的活性。羊粪发酵组产气启动相对滞后，这是由于微生物分解纤维素、半纤维素的速度较慢，产甲烷菌无法获得充足的代谢底物。混合原料发酵组中猪粪酸化产生的酸会对木质纤维原料的化学结构产生破坏作用，可以促进木质纤维素的水解，提高其生物降解率，加快高纤维素原料的分解产酸，从而提高产气量及CH_4含量，获得更好的发酵效果[3]。本研究表明，在相同的干物质浓度和温度条件下，累积产气量及干物质产气率由高到低依次为：组Ⅲ>组Ⅳ>组Ⅱ>组Ⅰ，组Ⅲ猪粪：羊粪(干物质比)=1：1是最优的发酵原料混合配比。

参考文献：

[1]刘德江，高桂丽，朱妍梅，等.猪粪、牛粪、羊粪沼气发酵比较试验[J].塔里木大学学报，2005，17(2)：11－13.

[2]李文哲，王忠江，王丽丽，等.牛粪高浓度水解酸化过程中丙酸含量的影响因素研究[J].农业工程学学报，2008，27(1)：363－367.

[3]Yu，Park B，HwangS.o－digestion of lignocellulosics with glu cose using thermophilic acidogens[J].Biochem－mical Engineering Journal，2004，18：225－229.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/91838.html