

貂粪沼气发酵产气潜力研究

赵胜楠, 解娇, 赵叶明, 庞凤仙, 高海, 程晓东, 崔彦如* (吉林省农业科学院, 吉林长春 130033)

摘要 [目的]研究不同料液比对貂粪沼气发酵产气效果的影响,为以貂粪为原料进行沼气发酵及貂粪的多样化处理提供参考。[方法]以貂粪为原料,沼液为接种物,35℃恒温厌氧发酵,比较不同料液比对貂粪产气效果的影响。[结果]试验表明,发酵料液配比为1:2时,貂粪更易降解,产气量高。试验初步确定貂粪发酵的水力滞留时间为21 d。料液总固体(TS)浓度为6.0%时,貂粪的产气潜力为345.7 mL/g TS,350.3 mL/g VS。[结论]貂粪是一种无需调碳氮比且产沼气潜力很高的发酵原料。

关键词 貂粪;沼气发酵;产气潜力

中图分类号 S216.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)31-0207-03

Study on the Potential Gas Production of Mink Feces Biogas Fermentation

ZHAO Sheng-nan, XIE Jiao, ZHAO Ye-ming, Cui Yan-ru* et al (Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130033)

Abstract [Objective] Study on the effects of different ratio of solid to liquid mink feces biogas production of mink dung, in order to provide reference for the biogas fermentation and the variety treatment of mink feces. [Method] Using the mink dung as raw material, biogas slurry as inoculum, 35℃ constant temperature anaerobic fermentation, the effects of different liquid ratio on gas production of mink feces were compared. [Result] The results show that mink dung was more easily degraded and produced more gas when the ratio of fermented liquid was 1:2. The preliminary test confirmed that the HRT of mink dung fermentation was 21 d. When the total liquid solid (TS) concentration was 6%, the gas production potential of mink dung was 345.7 mL/g TS, 350.3 mL/g VS. [Conclusion] Mink dung is a fermentation material with high potential for producing biogas without adjust carbon-nitrogen ratio.

Key words Mink dung; Biogas fermentation; Biogas potential

随着我国经济快速发展,养殖业也迅速发展,由此产生的大量畜禽粪便成为我国农村和城市郊区养殖场亟需解决的重大问题。如果不经处理随意排放这些畜禽粪便,不仅易造成农业环境污染,而且会传播疾病,严重威胁人类健康^[1]。利用沼气发酵技术,不仅能有效处理这些畜禽粪便,还能改善环境,同时产生沼气等可再生利用的生物质能源,具有显著的社会、生态和经济效益。

近年来,随着宠物貂市场及皮草服装行业的快速发展,貂类养殖迅速崛起。貂作为珍贵的毛皮动物,对饲料要求很高,需要高蛋白、维生素、矿物质等多种营养物质,而食物在貂的肠道中停留时间很短,因此貂粪中含有许多未被消化吸收的营养物质。貂粪中粗蛋白含量达20.50%、蛋氨酸高达1.56%、钙磷含量分别达到5.69%和3.50%,是再利用价值很高的发酵原料。目前貂粪基本上用做农业用肥和牲畜饲料(鸡、猪),但由于其肥力过高,需要发酵稀释后才能使用^[2]。笔者以貂粪为原料,在料液总固体(TS)质量分数分别为8%和6%的情况下,进行貂粪发酵产沼气试验,为以貂粪为原料进行沼气发酵提供一定的参考依据。

1 材料与与方法

1.1 材料

1.1.1 发酵原料。发酵原料貂粪和猪粪取自吉林省绿城农业开发有限公司养殖场。貂粪:经测定,其TS质量分数为23.0%,挥发性固体(VS)质量分数为98.7%,pH为6.9。猪粪:经测定,其TS质量分数为18.0%,VS质量分数为93.4%,pH为6.4。

1.1.2 接种物。取吉林省绿城农业开发有限公司牛粪发酵产物的沼液上清液为厌氧发酵的接种物,经测定,其TS质量分数为4.0%,VS质量分数为87.0%,pH为7.8。

1.1.3 发酵装置。采用实验室自制的胶封1000 mL血清瓶作为批量式发酵装置(图1),用TESTO 511压力测定仪测定瓶内压力值并换算出产生的沼气体积。



图1 批量式发酵装置

Fig.1 Batch fermentation equipment

1.2 方法

1.2.1 原料预处理。将采集来的原料貂粪中的砂石等杂物筛拣分离出来,以便减少对试验结果的影响。

1.2.2 料液配比。貂粪发酵试验由对照组和试验组构成,2组均设有3个平行。发酵料液的具体配方如下。

试验组:A组为貂粪:沼液为1:1,TS为23.0%的貂粪87.0 g加TS为4.0%的沼液500 mL;B组为貂粪:沼液为1:2,TS为23.0%的貂粪43.5 g加TS为4.0%的沼液500 mL。

对照组:A为对比组,猪粪:沼液为1:2,TS为18.0%的猪粪55.6 g加TS为4.0%的沼液500 mL;B组为空白对照组,只加TS为4.0%的沼液600 mL。

该试验中,运用智能数字显示温控仪监测,确保恒温培

基金项目 吉林省寒冷地区沼气技术创新团队(20150519011JH)。
作者简介 赵胜楠(1988—),女,吉林长春人,研究实习员,硕士,从事沼气工艺研究。*通讯作者,研究员,博士,从事沼气工艺研究。

收稿日期 2017-09-28

养箱内温度控制在 $(35 \pm 0.2)^\circ\text{C}$,以保证中温厌氧发酵的正常进行。试验周期为21 d,每日定时记录厌氧发酵沼气产量和所产沼气的成分。

1.2.3 测试项目与方法。pH的测定:采用雷磁DZS-708多参数分析仪测定。TS含量测定:将样品置于烘箱,调节至 105°C 。烘干至恒重,用电子天平精确称量后,计算样品除去水分后干物质的质量分数^[3]。

VS含量测定:将TS测定完毕后的恒重总固体置于马弗炉中。调节温度至 550°C ,烧至恒重,用电子天平精确称量。计算挥发性物质的质量分数^[3]。

气体成分分析:试验启动之后,每天定时用GC-2014C岛津气相色谱分析仪测定其气体组分含量。

2 结果与分析

2.1 发酵前后发酵液的TS、VS及pH变化 由表1可知,试验组A和B料液发酵前后的TS及VS均有一定程度的降低,其原料的TS利用率分别为18.50%和21.50%,VS利用率分别为6.33%和10.67%,表明在一定程度上貂粪被沼液中的发酵微生物有效分解。但B组的TS利用率和VS利用率明显高于A组,这与B组接种物含量较高有关,发酵料液配比为1:2时,对貂粪具有更好的降解效果。对照组A猪粪的TS利用率为27.67%,VS利用率为10.39%,说明貂粪虽然TS降解率低于猪粪,但VS降解率高,具有很好的发酵潜力。4组试验发酵前后料液pH稍有升高,但幅度不大,对照组B的pH变化极小。

表1 发酵前后料液的TS、VS及pH的变化情况

Table 1 The changes of TS,VS and pH in feed solution before and after fermentation

处理 Treatment	发酵前 Before fermentation			发酵后 After fermentation		
	TS//%	VS//%	pH	TS//%	VS//%	pH
试验组 A Test team A	8	92.88	7.28	6.52	87.00	7.31
试验组 B Test team B	6	90.90	7.38	4.71	81.20	7.44
对照组 A Contrast A	6	89.13	7.11	4.34	79.87	7.33
对照组 B Contrast B	4	87.00	7.84	3.70	86.40	7.89

2.2 产气情况分析

2.2.1 累计总产气量。如图2所示,21 d累计总产气量对照组A的产气量最高,其次为试验组B、试验组A、对照组B。试验组A数据低于试验组B,这是由于底物浓度高,发酵菌种含量低,发酵不完全导致的。从数据中可以看出,试验组B总产气量虽然没有对照组A产气量高,但是差异不显著,试验组B具有很高的发酵潜力。如图3所示,第1天产气量高是由于从试验启动第3天开始检测产气量,随后每日检测。从第3天至第19天,试验组B和对照组A平稳均匀产气,且高于其余2组。21 d总容积产气率试验组B高于对照组A,说明貂粪中可消化的有机质含量高于猪粪。

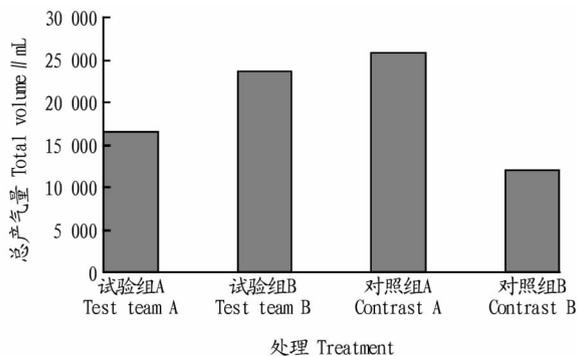


图2 累计总产气量

Fig. 2 Total gas production

2.2.2 气体组分分析。猪粪是很好的沼气发酵原料,具有较高的产气潜力。如表2所示,虽然试验组B甲烷和氢气的产气量低于对照组A,但数值仍处于较高水平,是很好的发酵底物。

2.2.3 甲烷产量。如图4所示,试验组B和对照组A甲烷总产气量处于较高水平,两组间差异不大。由图5可知,试

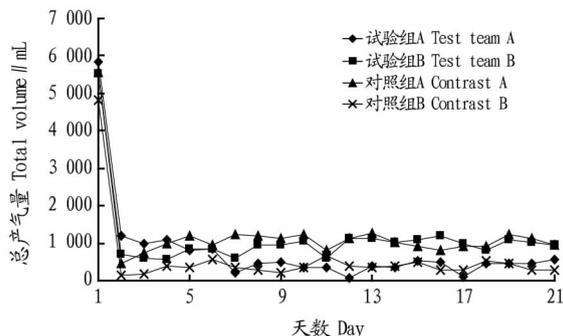


图3 21 d总产气量趋势

Fig. 3 Total gas production trend map for 21 days

表2 21 d总产气量组分分析

Table 2 Analysis of total gas production components for 21 days

处理 Treatment	$\text{m}^3/(\text{kg} \cdot \text{d})$		
	CH_4	CO_2	H_2
试验组 A Test team A	0.330 55	5.192 20	0.001 64
试验组 B Test team B	6.888 29	6.875 78	0.008 97
对照组 A Contrast A	10.403 79	11.774 16	0.094 69
对照组 B Contrast B	0.019 75	3.231 17	0

验组B和对照组A每日甲烷容积产气率呈波动上行趋势,其余2组产量极少。第11天,出现波谷值是由于放置时间较长,发酵瓶容积有限未设有搅拌装置,发酵底物沉积瓶底,菌种不能充分接触所致。通过振荡搅拌,充分混匀,第12天恢复产气。同样情况出现在第17天,此时发酵底物已基本反应完全。19 d后产气率持续下降,发酵底物已反应完全,21 d试验终止。

2.3 产沼气潜力分析 试验后计算貂粪的产气潜力,结果见表3。试验选择的接种物为发酵后TS含量为4.0%的沼

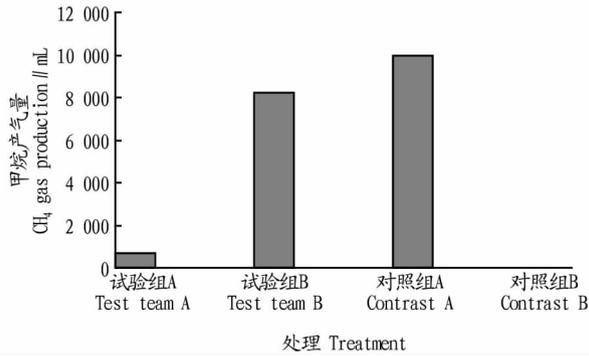


图 4 21 d 甲烷总产气量

Fig. 4 Total methane production in 21 days

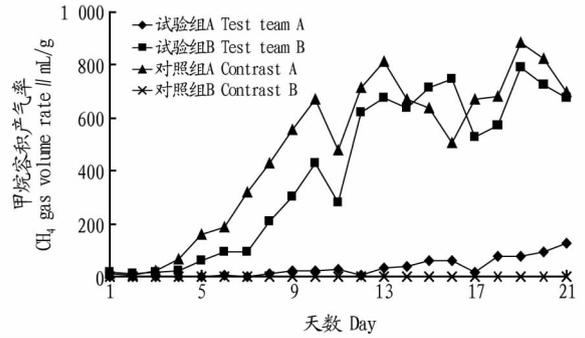


图 5 甲烷容积产气率趋势

Fig. 5 Methane volumetric gas rate trend

液 500 mL, 而文献中其他粪便类沼气发酵接种物多采用 TS 含量为 10% 以上的发酵活性污泥^[3], 加水定容至 400 mL, 这

也是该试验产气量高的原因。根据相关文献^[3], 换算出标准 TS、VS 产气率, 以便于和其他粪便类发酵原料平行比较。

表 3 貂粪产沼气潜力

Table 3 Biogas production potential of mink dung

处理 Treatment	净产气量 Net gas production mL	日均产气量 Daily gas production mL	原料产气率 Gas production rate of raw materials mL/g	试验 TS 产气率 Test TS gas production rate mL/g	标准 TS 产气率 standard TS gas production rate mL/g	标准 VS 产气率 standard VS gas production rate mL/g
试验组 A Test team A	8 219	391.4	188.9	821.3	345.7	350.3
试验组 B Test team B	9 988	475.6	179.6	997.8	420.0	449.7

为了较为全面地评价貂粪的产沼气潜力, 对中温发酵的各类粪便发酵原料的 TS 产气情况进行比较。从表 4 可以看出, 在粪便类沼气发酵原料中, 貂粪的 TS 产气率较高, 分别是牛粪的 1.15 倍和鸡粪的 1.12 倍。根据相关研究, 粪便的碳氮比对发酵影响很大, 如猪粪和人粪都需要通过调节适宜碳氮比方可正常发酵, 而貂粪则可省略此环节, 且同等条件下, 与常见畜禽粪便如牛粪等 TS 产气水平相近。这表明貂粪是一种产沼气潜力很高的发酵原料。

表 4 各种原料的产沼气潜力

Table 4 Biogas production potential of various raw materials

试验原料 Experimental material	TS 产气率 TS gas production rate // mL/g	倍数 Multiples
貂粪 Mink dung	345.7	1.00
鸽粪 ^[3] Pigeon dung	486.0	0.71
鸡粪 ^[4] Chicken dung	310.0	1.12
鸭粪 ^[5] Duck dung	441.0	0.78
兔粪 ^[5] Rabbit dung	450.0	0.77
象粪 ^[6] Elephant dung	265.0	1.30
狗粪 ^[7] Dog dung	216.0	1.60
野猪粪 ^[8] Boar dung	170.0	2.03
猪粪 ^[4] Pig dung	420.0	0.82
马粪 ^[4] Horse dung	340.0	1.02
人粪 ^[4] Man dung	430.0	0.80
牛粪 ^[4] Cattle dung	300.0	1.15
斑马粪 ^[9] Zebra dung	360.0	0.96
熊猫粪 ^[10] Panda dung	121.0	2.86
獭兔粪 ^[11] Rex rabbit dung	432.0	0.80
黑熊粪 ^[12] Black bear dung	577.0	0.60

注: 倍数 = 貂粪的 TS 产气率 / 列举原料的 TS 产气率

Note: multiples = mink gas yield of TS / enumeration of raw material TS gas production rate

3 结论

(1) 以貂粪为原料, 35 °C 下进行批量式沼气厌氧发酵试

验, 试验周期为 21 d, 试验启动时间较短, 第 3 天开始产甲烷。

(2) 貂粪的产气潜力为 345.7 mL/g TS, 350.3 mL/g VS, 是比较理想的沼气粪便发酵原料。

(3) 貂粪产甲烷主要集中在厌氧发酵周期的前 19 d, 随后产气量持续下降, 21 d 试验终止。因此, 可初步确定貂粪发酵的水力滞留时间为 21 d。采用貂粪厌氧发酵产沼气是切实可行的, 且能源利用率高。在粪便类原料中, 貂粪作为发酵原料具有一定优势, TS 产气潜力相对较高, 这可为以貂粪为原料进行沼气发酵提供一定的参考依据, 也为貂粪的多样化处理提供了一种新的思路和方法。

参考文献

- [1] 路娟娟, 张无敌, 刘士清, 等. 羊粪沼气发酵产气潜力的试验研究[J]. 可再生能源, 2006(5): 29-31.
- [2] 高晴霄, 肖振国, 刘远建, 等. 貂粪的利用技术[J]. 山东畜牧兽医, 2009, 30(5): 20.
- [3] 吉喜燕, 林卫东, 张无敌, 等. 鸽粪中温发酵产沼气潜力的实验研究[J]. 中国沼气, 2015, 33(3): 51-55.
- [4] 张无敌. 沼气发酵残留物利用基础[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.
- [5] 宋立, 邓良伟, 尹勇, 等. 羊、鸭、兔粪厌氧消化产沼气的实验与特性[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 277-282.
- [6] 杨斌, 马煜, 张无敌, 等. 象粪中温发酵产沼气的实验研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2011, 31(S2): 85-89.
- [7] 雷宇, 马煜, 刘士清, 等. 宠物狗粪便厌氧发酵试验研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2011, 31(S2): 102-106.
- [8] 张成, 马煜, 张无敌, 等. 野猪粪发酵产沼气的实验研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2011, 31(S2): 70-74.
- [9] 周晓庆, 马煜, 张无敌, 等. 斑马粪便的沼气发酵潜力研究[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2011, 31(6): 33-36.
- [10] 刘丽春, 李秋敏, 郭德芳, 等. 熊猫粪和竹子叶厌氧发酵产沼气效果比较[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(11): 4994-4996.
- [11] LI Y J, LIU L C, YANG B, et al. Experimental study on biogas production by mesophilic fermentation for rabbit dung[J]. Advanced materials research, 2013, 763: 160-164.
- [12] 李秋敏, 张无敌, 尹芳, 等. 两种接种物对熊粪厌氧消化产沼气效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(33): 16318-16319, 16332.