

## 银杏叶厌氧发酵产沼气试验研究

李秋敏<sup>1</sup>, 刘丽春<sup>2</sup>, 张无敌<sup>1\*</sup>, 赵兴玲<sup>1</sup>, 柳静<sup>1</sup>, 尹芳<sup>1</sup>, 陈玉保<sup>1</sup>, 刘士清<sup>1</sup>

(1. 云南师范大学, 云南昆明 650092; 2. 云南省丽江市农村能源工作站, 云南昆明 650224)

**摘要** [目的]研究银杏叶厌氧发酵产沼气潜力。[方法]以银杏叶为原料,在30℃下进行批量式恒温沼气发酵试验,探讨其产气潜力和产气规律。[结果]银杏叶具有较好的产气潜力,沼气发酵时间为45 d,总产气量为1 945 ml,每克银杏叶可产沼气231 ml,原料TS产气率374 ml/g (TS),VS产气率453 ml/g (VS)。[结论]该研究可为银杏叶厌氧发酵产沼气应用提供参考。

**关键词** 银杏叶;厌氧发酵;沼气;产气潜力

中图分类号 S792.95 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)01-00266-02

### Experimental Study on Biogas Fermentation of the *Ginkgo biloba* Leaf

LI Qiu-min et al (Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650092)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study biogas production potential of the *G. biloba* leaf. [Method] *G. biloba* leaf as material, batch thermostatic methane fermentation test was conducted at 30 °C to study its biogas production potential and rule. [Result] *G. biloba* leaf had good biogas production potential, and biogas fermentation time was 45 d. Total biogas production was 1 945 ml, and biogas production per gram of *G. biloba* leaf was 231 ml. Gas production rate of the TS for material was 374 ml/g (TS), and gas production rate of the VS was 453 ml/g (VS). [Conclusion] The research could provide reference for application of *G. biloba* leaf producing biogas.

**Key words** *G. biloba* leaf; Anaerobic fermentation; Methane; Biogas production potential

银杏(*Ginkgo biloba* L.)为银杏科(Ginkgoaceae)银杏属植物,又名白果树、公孙树、鸭脚通<sup>[1]</sup>,是银杏科银杏属的唯一生存种,我国特有的老树种之一。它的叶形似扇,又像飞蛾、鸭脚形<sup>[2-3]</sup>。现代化学研究表明,目前从银杏叶中分离和已证实的化学成分有200多种,包括黄酮醇苷类、萜类内酯类、有机酸、甾醇类、生物碱类、单糖类、多糖类、氨基酸类以及微量元素等<sup>[1]</sup>。研究表明,某些植物成分会对沼气发酵产气量有影响,如生物碱、萜类、有机酸等会降低沼气产气量<sup>[4]</sup>。由此可推断,银杏叶因含有的某些成分会抑制沼气的产气量,但由于目前在银杏叶厌氧发酵产沼气方面的研究尚少,具体产气情况不清楚。因此,笔者以银杏叶为原料进行厌氧发酵产沼气试验,旨在探讨其产气潜力和产气规律,为银杏叶厌氧发酵产沼气应用提供参考。

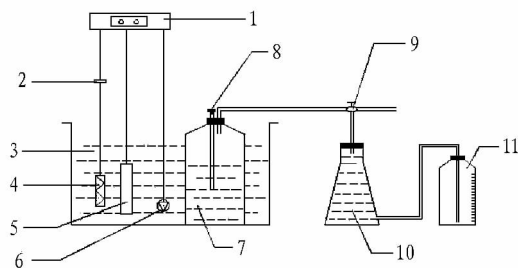
## 1 试验材料和方法

**1.1 试验材料** ①发酵原料:银杏叶。经测定,其TS质量分数为61.91%,VS质量分数为82.43%。②接种物:实验室长期驯化的混合厌氧活性污泥。经测定,其TS质量分数为8.98%,VS质量分数为37.03%,pH为7.0。

**1.2 试验装置** 采用实验室自制的容积为500 ml的批量式装置发酵,排水集气收集产生的沼气,见图1。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 试验设计。**①发酵模式:全混合批量式厌氧发酵。②发酵温度:30℃。③发酵液的配制。试验组:120 ml接种物,8.4 g银杏叶,加水至400 ml。对照组:120 ml接种物,加水至400 ml。



注:1.温控仪;2.交流接触器;3.水槽;4.电热管;5.热电偶;6.循环水泵;7.发酵瓶;8.取样口;9.玻璃三通;10.集气瓶;11.计量瓶。

图1 试验装置

**1.3.2 分析项目及方法。**①pH:采用pHS-3精密酸度计测定。②产气量:采用排水集气法测定。试验启动后,每天定时记录各组的产气量,以3个平行的平均产气量作为各组的表征产气量。③甲烷含量:采用点燃气体观察火焰颜色来判断<sup>[4]</sup>。④TS含量:将发酵原料样品在(105±5)℃温度下烘至恒重后进行计算,即样品除去水分之外的部分,总固体含量以TS表示<sup>[4]</sup>。⑤VS含量:将上述测定总固体的恒重样品置于(550±20)℃条件下灼烧至恒重,得到挥发性固体含量,以VS表示<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 发酵前后发酵液的TS、VS及pH变化** 试验组和对照组发酵前后料液的TS、VS及pH的变化情况如表1所示。从表1可知,对照组料液发酵前后的TS及VS有一定程度的降低,但降低量较少,表明接种物中有少量有机物被沼气发酵微生物降解;试验组料液发酵前后的TS及VS明显降低,其原料的TS利用率和VS利用率分别为15.31%和27.57%,表明在一定程度上银杏叶能被发酵微生物有效降解。试验组发酵前后pH有所升高,但一直处于酸性,变化幅度不大;对照组pH几乎没有发生变化。

基金项目 云南省科技条件平台建设项目(2010DH012)。

作者简介 李秋敏(1989-),女,云南鹤庆人,硕士研究生,研究方向:生物质能,E-mail:814150788@qq.com。\*通讯作者,研究员,从事生物质能研究,E-mail:wooti@ynnu.edu.cn。

收稿日期 2012-11-13

表 1 发酵前后料液的 TS、VS 及 pH 的变化情况

| 处理  | 发酵前   |       |     | 发酵后   |       |     |
|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|
|     | TS//% | VS//% | pH  | TS//% | VS//% | pH  |
| 试验组 | 3.20  | 58.11 | 6.2 | 2.71  | 42.20 | 6.5 |
| 对照组 | 3.05  | 59.76 | 7.0 | 2.73  | 55.38 | 7.0 |

## 2.2 产气情况分析

**2.2.1 日产气量。**每天定时记录产气量,通过计算分析得到银杏叶厌氧发酵产沼气时间与日产气量的关系,如图 2 所示。从图 2 可知,银杏叶厌氧发酵产气曲线符合沼气发酵产气的一般规律:试验开始时产气较少,随后逐渐增加,达到产气高峰后,产气量又逐渐下降。沼气发酵时间为 45 d,从第 1 天开始,产气量快速增加,发酵的第 6 天,产气达到最高峰,产气量为 220 ml。在该发酵阶段,第 1、2 天所产生的气体不能点燃,第 3、4 天所产气体能不连续燃烧,燃烧火焰颜色为淡蓝色,判断甲烷含量约 40%,第 5 天所产生的气体能连续燃烧,火焰颜色为淡蓝色,判断甲烷含量约 50%;第 7 天开始,日产气量逐渐减少,第 6~9 天火焰颜色为蓝色,判断甲烷含量约 55%,第 10 天起,火焰颜色为黄色略带蓝色,判断甲烷含量约 65%。

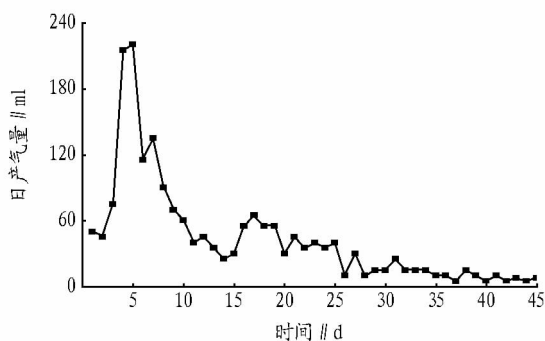


图 2 日产气量变化曲线

**2.2.2 产气速率。**对试验中的累积产气量进行统计,结果见表 2。由表 2 可知,在整个发酵试验过程中,第 5~10 天产气量增长较快,累积产气量达 1 075 ml;第 10~15 天、第 15~20 天、第 20~25 天产气量增加减少,但变化幅度不大;第 25 天后,产气量增长缓慢,产气较少。可见,对于银杏叶的厌氧发酵,产气的主要阶段集中在前 25 天,而最快的产气阶段是前 10 天。试验组总产气量为 1 945 ml,日产气量约 43 ml,而对照组整个发酵过程中总产气量只有 60 ml,说明试验中产气的有机质绝大部分来自发酵原料,接种物产气非常少。

表 2 累积产气量统计

| 项目           | 5 d | 10 d  | 15 d  | 20 d  | 25 d  | 30 d  | 35 d  | 40 d  | 45 d  |
|--------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 累积产气量//ml    | 605 | 1 075 | 1 250 | 1 510 | 1 705 | 1 785 | 1 865 | 1 910 | 1 945 |
| 占总产气量的百分比//% | 31  | 55    | 64    | 78    | 88    | 92    | 96    | 98    | 100   |

对试验组整个发酵过程产气速率变化进行分析,曲线如图 3 所示。从图 3 可知,在整个发酵过程中,产气速率先是平缓,后增加较快,最后趋于平稳。发酵 21 d 的产气总量为

1 705 ml,占总产气量的 80%,由此可知,银杏叶厌氧发酵的主要产气阶段集中在前 21 天。

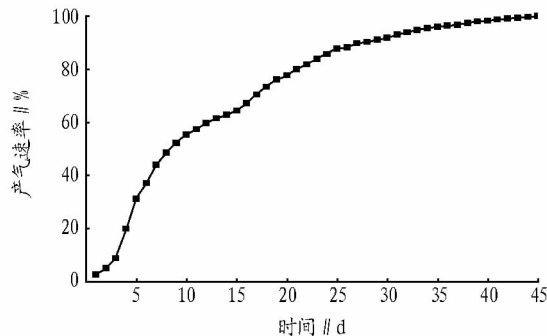


图 3 产气速率随时间变化曲线

**2.3 产气潜力分析** 结合图 2、图 3,对银杏叶厌氧发酵的产气潜力进行统计分析:总产气量 1 945 ml,TS 产气率 374 ml/g(TS),VS 产气率 453 ml/g(VS),新鲜原料产气率 231 ml/g。为了进一步评价银杏叶的产气潜力,对发酵温度 30 ℃下各类植物性的发酵原料的发酵时间及 TS 产气潜力进行统计,如表 3 所示。由表 3 可知,各种植物性的发酵原料,包括农作物秸秆类和植物落叶类,由于富含大量的纤维素和半纤维素,糖类和淀粉类物质较低,所以 TS 产气率普遍较低,且发酵时间较长。对于银杏叶,发酵时间为 45 d,与表 3 中的各种原料相比,发酵时间较短,且银杏叶的 TS 产气率都高于绝大多数的植物性原料的 TS 产气率,仅低于早熟禾,约是其他发酵原料的 1.00~7.00 倍,最高达 6.97 倍。

表 3 不同发酵原料的产气潜力

| 发酵原料  | TS 产气潜力  | TS 产气潜力倍数    | 发酵时间 | 文献  |
|-------|----------|--------------|------|-----|
|       | ml/g(TS) | (银杏叶:其他发酵原料) |      |     |
| 银杏叶   | 374.00   | 1.00         | 45   | 无   |
| 法国梧桐叶 | 69.17    | 5.41         | 76   | [5] |
| 紫叶李叶  | 67.05    | 5.58         | 50   | [5] |
| 三角枫   | 53.69    | 6.97         | 56   | [5] |
| 早熟禾   | 456.09   | 0.82         | 75   | [6] |
| 聚合草   | 240.20   | 1.56         | 45   | [6] |
| 白三叶   | 105.60   | 3.54         | 31   | [6] |
| 玉米秆   | 204.88   | 1.83         | 89   | [7] |
| 稻秆    | 163.65   | 2.29         | 89   | [4] |
| 葵盘    | 137.90   | 2.71         | 70   | [8] |
| 豆秆    | 268.51   | 1.39         | 70   | [8] |
| 麦秆    | 207.47   | 1.80         | 70   | [8] |
| 康乃馨秸秆 | 266.00   | 1.41         | 32   | [9] |

## 3 结论与讨论

(1)以银杏叶为发酵原料,在 30 ℃进行批量式厌氧发酵试验,发酵时间为 45 d,产气启动较快,到第 21 天时,产气积累量达到总产气量的 80%,主要产气阶段集中在前 21 天。

(2)发酵前后试验组的发酵液 pH 变化不大,pH 有一定升高,但一直处于微酸性状态,这可能与银杏叶中含有有机酸等成分有关。

(3)在整个发酵过程中,共产气 1 945 ml,其中 TS 利用率为 15.31%,VS 利用率为 27.57%。经过计算,银杏叶的原料产气率为 231 ml/g,TS 产气率为 374 ml/g(TS),VS 产气率

(下转第 270 页)

和水功能区划,水利、建设、规划、农业、航道等有关部门按各自的职责,协助环保部门做好河涌的水环境保护管理工作,严禁工业、生活污水未经处理直接排入河涌,加大偷排处罚力度,河涌水质污染超过功能区水质标准时,必须削减区域内污染物排放总量。

**3.5 加强规划与部门合作** 农村水污染防治与修复,涉及到财政、环保、水利、规划、城建、国土、市政、农业等多个部门,这些部门应加强沟通协调,把农村河涌整治作为一个有机的整体,进行科学合理的规划,才能保证农村河涌水环境及水生生态环境的健康发展。职能部门各司其职、各负其责,环保部门是河涌综合整治的主要部门,负责陆地污染源监管和治理,并依据水环境容量,实行污染物总量控制;水利部门应对河道管理范围内水环境综合整治进行全面、系统规划,在保证防洪、排涝安全的前提下,提出改善河涌水环境的规划措施;规划部门对流域内的产业结构和土地利用进行全面、科学地规划,积极推行清洁生产,限制审批高能耗、高污染、高耗水的企业;农业部门应积极推行生态农业生产模式,控制化肥和农药的使用,减少农业面源污染;环卫部门应加强垃圾的清运力度,特别是农村及城中村的生活垃圾收集和运送,防止大量的垃圾进入运河,既堵塞运河,又对水环境造成严重污染。

#### 4 结语

珠三角农村水环境污染日益严重,且农村水环境污染呈现多样的、复杂的特征,对此必须因地制宜,尽快采取全方位的、综合性的防治措施来遏止这种不利局面的恶化。农村河涌水环境污染防治是多个部门共同参与、合作的工程,各部门要联合治理,特别是环保、城建部门,应为主要力量。只有通过多种有效对策和防控措施,重视农村地区的水环境问题,才有可能改善珠三角农村水环境质量,从而保护环境,提高农村人们物质文化生活和健康水平。

#### 参考文献

[1] 何江涛,钟佐荣,汤鸣皋,等.人工构建快速渗透污水处理系统的试验

(上接第 267 页)

为 453 ml/g(VS)。

(4) 试验表明,发酵温度为 30 ℃ 时,与各种植物性原料相比,银杏叶厌氧发酵时间较短,具有较好的产沼气潜力。但由于该试验只进行了一个周期的发酵,无法确定银杏叶中生物碱、有机酸、萜类等成分对产气的抑制程度,或是这些成分会被沼气发酵微生物分解利用,在以后的试验中可做进一步的深入研究。

#### 参考文献

[1] 于清萍,宁莹.银杏叶提取物的研究进展及市场概况[J].上海医药,2010,31(8):342.  
[2] 夏秀华.银杏叶的开发与利用[J].安徽农学通报,2008,14(15):182 -

- 研究[J].中国环境科学,2002,22(3):239-243.  
[2] 孙宗健,滕彦国,王金生.人工土壤渗滤-湿地系统农村污水分散式处理[J].水处理技术,2007,33(11):82-84.  
[3] 王守中,张统.我国农村的水污染特征及防治对策[J].中国给水排水,2008,24(18):1-4.  
[4] 王新文.农村污水处理设施建设探讨[J].安徽农业科学,2008,36(22):9686,9716.  
[5] 苏伟健.城镇污水 COD 浓度及其在排水管网中变化规律研究[D].广州:广东工业大学,2010.  
[6] 赵志强.北京市昌平区新农村污水处理技术探讨[J].水利水电技术,2010,41(3):29-33.  
[7] 贾静,傅大放,马强,等.苏南农村地区分散式污水的处理与回用[J].中国给水排水,2007,23(6):31-34.  
[8] 曾令芳.简评国外农村生活污水处理新方法[J].中国农村水利水电,2001(9):30-33.  
[9] 高廷耀,顾国维,周琪.水污染控制工程[M].北京:高等教育出版社,2007.  
[10] GUPTA A B, GUPTA S K. Simultaneous carbon and nitrogen removal from high strength domestic wastewater in an aerobic RBC biofilm[J]. Water Research, 2001, 35(7):1714-1722.  
[11] 于荣丽,李亚峰,孙铁珩.人工湿地污水处理技术及其发展现状[J].工业安全与环保,2006,32(9):29-31.  
[12] 王宝贞,王琳.水污染治理新技术—新工艺、新概念、新理论[M].北京:科学出版社,2004.  
[13] YE F X, LI Y. Enhancement of nitrogen removal in tower hybrid constructed wetland to treat domestic wastewater for small rural communities[J]. Ecological Engineering, 2009, 35(7):1043-1050.  
[14] WU S B, AUSTIN D, LIU L, et al. Performance of integrated household constructed wetland for domestic wastewater treatment in rural areas[J]. Ecological Engineering, 2011, 37(6):948-954.  
[15] 李松,单胜道,曾林慧,等.人工湿地/稳定塘工艺处理农村生活污水[J].中国给水排水,2008,24(10):67-69.  
[16] 梁薇,邹丽敏,沈海新,等.太湖流域农村生活污水处理技术及应用实效[J].农业灾害研究,2012,2(1):68-70.  
[17] WAN Y S, ZHANG P, LI D L, et al. Analysis on selection of domestic sewage treatment method in rural area[J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 12(4):597-599.  
[18] 李理锋.人工生态床净化农村污水研究[J].宁夏农林科技,2010,51(4):12-13,57.  
[19] YANG L, YU P L, LAI F Y, et al. Treatment of domestic sewage by channels constructed wetland in new countryside[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(4):857-860,866.  
[20] 肖勤.农村水环境污染现状及其治理对策[J].畜牧与饲料科学,2009,30(1):123-124.

184.

- [3] 刘玺,王秋颖.银杏叶的临床应用[J].承德医学院学报,2008,25(3):276-277.  
[4] 张无敌,宋洪川,尹芳,等.沼气发酵与综合利用[M].昆明:云南科技出版社,2004:121-126.  
[5] 张翠丽,杨改河,卜东升,等.温度对秸秆厌氧消化产气量及发酵周期影响的研究[J].农业环境科学学报,2008,27(5):2069-2074.  
[6] 楚莉莉,杨改河,张翠丽,等.不同温度条件下农作物秸秆产气效率研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):191-193.  
[7] 冯茵菲,丘陵,王晓曼,等.藜盘、麦秆和豆秆中温厌氧发酵产气潜力及特性[J].西北农业学报,2009,18(3):361-364.  
[8] 江蕴华,余晓华.利用火焰颜色判断沼气中甲烷含量[J].中国沼气,1983(3):28.  
[9] 杨红,马煜,张无敌,等.康乃馨秸秆发酵产沼气潜力的试验研究[J].云南师范大学学报,2011(31):81-84.