

· 解析评价 ·

doi: 10.3969/j.issn.1674-6732.2013.06.013

农业废弃物用于沼气制备对氮磷排放减少量的研究

王亚林¹, 王晓乐¹, 邓爱萍², 章建宁³

(1. 上海交通大学, 上海 200240; 2. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036; 3. 常州市环境监测中心站, 江苏 常州 213001)

摘要: 以礼嘉镇为例, 分析了礼嘉镇农业废弃物如秸秆等的主要成分、畜禽粪便的排放量, 提出了秸秆、畜禽粪便的深度利用最佳方法, 即秸秆制燃料乙醇和配套的沼气方案。在沼气方案中, 有效利用了不适合制备燃料乙醇的农业废弃物和畜禽粪便, 同时得到了有机肥。

关键词: 秸秆; 沼气; 粪便; 氮; 磷; 富营养化

中图分类号: X171.4

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2013)-06-0042-03

Study on Nitrogen and Phosphorus Emission Reduction by Methane Fermentation

WANG Ya-lin¹, WANG Xiao-le¹, DENG Ai-ping², ZHANG Jian-ning³

(1. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 2. Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China; 3. Changzhou Environmental Monitoring Central Station, Changzhou, Jiangsu 213001, China)

ABSTRACT: The paper analyzes the main components of the agricultural waste such as stalk in the Lijia town, and then puts forward the deep utilization method of stalk and animal feces: fuel ethanol and methane fermentation of stalk. In the methane fermentation project, we make effective use of 5 779.2 t agricultural waste and 17 337.6 t animal feces (about 52.9% of total animal waste in Lijia town) which is not suitable for fuel ethanol fermentation and have produced 1874.8 t organic fertilizer.

KEY WORDS: straw; firedamp methane; feces; nitrogen; phosphorus; eutrophication

1 研究背景

20世纪80年代,太湖开始暴发蓝藻,水质不断恶化。大量的蓝藻也堵塞了许多管道的出入口,一些工厂不得不因此而停产,造成了巨大的经济损失^[1]。礼嘉镇属太湖流域上游区域,距离太湖约13 km。

礼嘉镇种植的农作物种类多样、分布广泛,每年都有大量的生物质废弃物产生。因此礼嘉镇可以作为一个很好的生物质废弃物能源资源化利用示范区。礼嘉镇河流包括礼嘉大河和武南河。当地环境监测站对区域内各河流的长期监测结果见表1。结果表明,水体中氨氮、总磷均严重超标,属于劣五类。

造成太湖水体氮磷超标的原因可以归结为以下几点:①化肥流失。太湖中有超过50%的氮来自化肥的流失。②生活污水的不合理排放。③畜禽养殖废物的随便排放。畜禽的粪便含有大量营养废物如氮、磷,这些元素都能导致富营养化。

④工业污染,包括化肥厂废水的排放。⑤燃烧大量的矿物燃料。燃烧过程除了排放大量温室气体外,还排放氮氧化物,这些氮氧化物随着降雨过程回到地表造成富营养化。因此,欲改善太湖流域水体情况,应减少高浓度氮磷废弃物的排入。

2 礼嘉镇农业废弃物和畜禽粪便排放情况

2.1 农业废弃物情况

礼嘉镇全镇的耕种面积为22.395 km²,主要种植水稻、小麦、油菜等。粮食年产量为21 745 t。每年产生的农作物秸秆量约为23 636.6 t,每年焚烧以及作为生活燃料的农作物秸秆为秸秆总量的80%。

收稿日期: 2012-08-23; 修订日期: 2013-09-14

基金项目: 国家“十一五”水体污染控制与治理科技重大专项基金资助项目(2009ZX07101-015-01)。

作者简介: 王亚林(1962—),女,高级工程师,硕士,从事环境监测与治理研究工作。

表1 武南河、礼嘉大河水质监测结果

河流断面	监测次数	ρ (高锰酸盐指数)	ρ (氨氮)	ρ (总磷)	水功能类别
武南河(礼嘉大河汇合口东)	51	6.1	3.69	0.269	Ⅳ类
武南河(礼嘉大河汇合口西)	32	7.0	4.31	0.353	Ⅳ类
礼嘉大河(与武南河交汇口北)	24	5.7	2.96	0.264	Ⅳ类

注:《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)氨氮Ⅴ类标准为2.0 mg/L,河流总磷Ⅳ类标准为0.3 mg/L^[2]。武南河统计时段为2008.3—2010.12,礼嘉大河统计时段为2009.2—2010.12。

由此释放的CO₂量约为18 275 t^[3],释放的N₂O量约为3.76 t^[4]。秸秆直接焚烧产生的二氧化碳和氮氧化物等对空气质量造成了一定的影响。此外,秸秆中含有木质素、纤维素等有机质,经过处理后将是有益的农业资源和工业原料,如果直接焚烧,则会造成资源的浪费^[5]。

2.2 畜禽粪便排放情况

礼嘉镇全镇人口总数为57 791人,户籍人口为46 935人,取其平均人口数为52 363人。目前,城镇的留守人员只有统计人口的一半,因此,假设礼嘉镇有20 000人外出打工,则留乡人口大约为26 935人。在这些人中,设有50%户村民(即13 468人)每家饲养一头牲口。根据调查显示,牛、马的粪便和尿液排放量较高,约为15~35 kg/d,而肉禽、蛋禽的排放量较小,约为0.08~0.15 kg/d,猪、羊居中,约为2.6~10 kg/d^[6]。由于每家每户饲养的牲畜不同,且饲养肉禽、猪羊的家庭较饲养牛、马的多,畜禽排泄物中的氮磷含量相似,因此,按照产生的粪便和尿量平均计算,饲养牲口的村民每家养殖动物为一头猪。平均每头猪产生粪便和尿液共为5 kg/d,则一天共产生67.3 t/d。每人每天平均产生2 kg排泄物,则礼嘉镇人口一共产生53.8 t/d。考虑到猪的饲养期为199 d,则每年产生排泄物的量为32 760.7 t^[7]。每头猪产生的粪便中含有的氮元素的百分比为0.56%~0.97%,含磷为0.37%~0.44%,尿液中含氮百分比为0.39%~0.5%,含磷为0.05%~0.07%。取平均值计算,产生的排泄物中,总氮含量为1%,总磷含

量为0.45%。因此,每年产生排泄物中的总氮量为327.6 t,总磷量为147.4 t。

畜禽粪便的随处堆放,对环境会造成较大的影响。大量的粪便排放在外,如果不及时处理,在高温下易发酵分解为有害气体,如NH₃、H₂S、CH₄等污染空气^[8]。在雨水天气,粪便可以通过地表径流冲刷到城镇周边的湖泊中,也可能渗透到地下水中,造成湖泊和地下水的污染。畜禽粪便中含有大量的氮磷,排入湖泊中后,极易引起湖泊水体富营养化;渗入地下水后,会导致地下水中NO₃⁻、NO₂⁻的浓度升高,若人类长期饮用,会诱发癌症^[9]。

3 利用方案及效益分析

3.1 利用方案设计

礼嘉镇的主要农作物为水稻、小麦以及油菜。根据分析,得知这3种农作物产生的秸秆主要化学成分基本相似。表2是礼嘉镇典型的秸秆化学组成。

表2 礼嘉镇秸秆典型构成

水分	灰分	纤维素	半纤维素	木质素
15	10	40	20	15

目前,秸秆的处理方案有秸秆气化方案、秸秆制备燃料乙醇方案、秸秆燃烧发电方案和秸秆沼气化方案。由表2可知,礼嘉镇秸秆中纤维素和半纤维素的含量比较高,适合作为制备燃料乙醇的原材料,且目前秸秆制备燃料乙醇为研究发展的趋势,因此,综合评估社会效益、环境效益和经济效益,得出最终方案为农作物秸秆制备燃料乙醇和配套的沼气化方案。

礼嘉镇每年共产生23 636.3 t秸秆,其中,除水稻、小麦、油菜以外的其他农作物秸秆、藤蔓、树叶等不适合用作发酵制乙醇的生物质废弃物有5 779.2 t。这些废弃的生物质则用来制备沼气。居民以及养殖的牲畜产生的粪便和尿液中的有机物是发酵制备沼气的必需原料,其中的氮、磷为生产过程中的微生物生长繁殖提供氮源和磷源。秸秆首先要预处理,铡碎揉搓后与水按1:1的比例混合,堆置一天,使秸秆充分吸水。将预处理后的秸秆和畜禽粪便按一定比例混合加入沼气池,进行厌氧发酵并收集沼气。

农作物秸秆含纤维素多,消化速度慢,产气速

度慢,但持续产气时间长;人畜粪便等原料的消化速度快,产气速度快,但持续时间短。因此,将消化速度快与慢的原料合理搭配进料,可以做到产气均衡和持久。一般条件下,沼气池中的碳氮比在17:1~25:1之间,有利于池内的有机物进行发酵,且沼气的产气率较平稳。取碳氮比为20:1,此时需要的鲜粪和作物秸秆的重量比为3:1左右。所以沼气项目在利用5 779.2 t含碳素原料的基础上,可以处理17 337.6 t各类粪便,约为礼嘉镇年产生粪便(32 760.7 t)的52.9%。由于人的粪便集中性不大,很难完全收集,所以在现实生活中不能够完全处理所有粪便。反应副产有机肥1 874.8 t,这些有机肥每年可以取代858.9 t氮肥和309.4 t磷肥的使用。

3.2 沼气制备带来的效益分析

(1) 充分利用废物资源,减少了污染排放。在沼气制备的生产方案中,生产沼气的原料解决了制备燃料乙醇过程中产生的废物和畜禽的粪便尿液,充分利用了资源,变废为宝,变害为利,并节约了成本。畜禽粪便处理之后,减少了随处乱排的现象,不仅村庄周围小河氮磷的排放减少,也极大地提高了村容形象,改善了农村生态环境。此外,雨季天气,地表径流冲刷地面后,冲入湖水的氮磷量减少,降低了水体富营养化。

(2) 产生沼气和有机肥,实现资源循环利用。经厌氧消化的沼渣和沼液中保留了有机物分解后所生成的各种养分,富含N、P、K、Ca、Mo、Zn、Fe、Mn等元素,而且含有生长素、维生素、有机酸、氨基酸等多种活性物质,适宜用作农用灌溉及农业肥料。由于其不含任何有害化学物质,并且在沼气发酵过程中绝大多数的有害生物已被杀死,所以沼渣沼液可作为生产绿色作物的首选有机肥料,生产的作物可加工为有机食品。此外,有机肥可长时间停留在土壤中,改善土壤的质量,减少土壤板结。这就避免了因化肥的不适量使用而被雨水、灌溉水等带入湖水的现象发生,进而从源头减少了水体富营

养化的发生。产生的沼气大部分作为能源用于制备燃料乙醇以及生活污水处理设备的运行中,做到资源循环化利用。剩余的小部分沼气作为村民的生活能源,节约了煤炭、天然气等不可再生资源的使用,并降低了居民的开支。

4 结论

整个生物质废弃物能源资源化方案以资源的循环利用以及对环境的友好无污染为出发点,通过制备乙醇、处理残渣等技术充分利用了农业生产生活过程中产生的各种生物质废弃物,同时尽可能将其转化成对人类生产生活有益的能源。乙醇和沼气在使用过程中的低污染物排放最大限度地保护了环境,维护了当地居民的生存质量。因此,该方案有助于减少农业生产生活过程中造成的环境污染,并缓解对化石能源的依赖,可以创造一定的经济效益、环境效益和社会效益,具有广阔的推广利用前景。

[参考文献]

- [1] 赵来军. 我国湖泊流域跨行政区水环境协同管理研究——以太湖流域为例[M]. 上海:复旦大学出版社,2009.
- [2] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].
- [3] 赵建宁,张贵龙,杨殿林. 中国粮食作物秸秆焚烧释放碳量的估算[J]. 农业环境科学学报,2011,30(4):812-816.
- [4] 刘丽华,蒋静艳,宗良纲. 农业残留物燃烧温室气体排放清单研究:以江苏省为例[J]. 环境科学,2011,32(5):1242-1248.
- [5] 张景明,蔡同锋. 试论秸秆污染及其综合利用技术进展[J]. 北方环境,2010,22(4):79-81.
- [6] 彭里,王定勇. 重庆市畜禽粪便年排放量的估算研究[J]. 农业工程学报,2004;20(1):288-292.
- [7] 张克强,高怀有. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京:化学工业出版社,2004:22-23.
- [8] 孙军德,韩泽治. 畜禽粪便的利用现状及发展前景[J]. 环境保护与循环经济,2008;46-48.
- [9] 王晓明,高其双. 现代畜禽养殖业的公害及对策[J]. 饲养工业,2000,21(4):40-41.