

文献著录格式: 刘银秀, 金娟, 聂新军, 等. 养猪废水经规模化沼气工程厌氧发酵处理前后理化性状分析 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59 (1): 91-95.

DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20180133

养猪废水经规模化沼气工程厌氧发酵 处理前后理化性状分析

刘银秀¹, 金娟¹, 聂新军¹, 王强², 叶波¹, 范志斌¹

(1. 浙江省农业生态与能源办公室, 浙江 杭州 310012; 2. 浙江省农业科学院 农产品质量标准研究所, 浙江 杭州 310021)

摘要: 在浙江省选择以养猪废水为原料的 20 个规模化沼气工程, 对进入沼气工程进行厌氧发酵处理的养殖粪污 (以下简称原液) 及出水 (以下简称沼液) 的 COD_{Cr} 、pH 值、有机质、总氮、总磷、总钾、总养分含量等进行调查和分析。结果表明, 原液 COD_{Cr} 浓度都较高, 大部分 $> 5\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 但受养殖规模、管理水平、饲料种类、粪便清理方式及频次等因素影响, 不同养殖场之间的原液 COD_{Cr} 浓度差异性较大, 无明显规律性; 原液 pH 值波动范围较大, 沼液 pH 值相对稳定, 波动范围小; 沼气工程厌氧发酵对含碳有机物质的处理效果较好, COD_{Cr} 浓度大幅度降低, 去除率均 $\geq 70\%$, 但原液中的总氮、总磷、总钾、铵态氮、总养分等营养物质在沼液中得以较好的保留, 保留量大部分可以 $\geq 60\%$ 。沼液中 COD_{Cr} 浓度仍然较高, 未达到相关排放标准, 但沼液中含有一定量的氮磷钾, 可以作为有机液体肥施用于农作物, 不同沼气工程沼液养分含量差异性较大, 因此, 沼液使用前, 应根据实际情况进行肥效试验, 待确定合理施用量、施用方法和频次后方可大面积推广使用, 以免对农作物生长产生不良影响。

关键词: 沼气工程; 原液; 沼液; 有机质; 养分

中图分类号: S141

文献标志码: A

文章编号: 0528-9017(2018)01-0091-05

随着农业生产方式转变和农村劳动力转移, 传统的分散养殖在畜禽养殖中所占比重越来越低, 畜禽养殖逐渐由散养向规模化发展。农村沼气随着畜牧业转型升级, 也逐渐由户用沼气、联户等小型沼气向规模化沼气工程转变^[1]。以浙江省为例, 户用沼气 2007—2009 年每年增长为 2 万户, 2010 年后开始逐年下降, 2012 年降至万户以下, 2015 年则降至百户以下。截至 2016 年底, 浙江省规模化沼气工程达 8 000 多处, 总池容积为 103.9 万 m^3 。

2013 年 12 月浙江省吹响了“五水共治”的号角, 提出了“五水共治, 治污先行”的思路。2014 年浙江省又被列为全国唯一一个现代生态循环农业发展试点省。在推进生态循环农业试点省建设的过程中, 全省逐渐形成了“主体小循环、园区中循环、县域大循环”的新格局。在农业生产经营主体内部, 通过应用种养配套、废弃物循环利用等模式, 实现主体小循环; 在现代农业园区和粮食生产功能区内,

通过建设沼液处理、畜禽粪便收集处理中心等节点工程, 推广环境友好型农作制度和生态循环农业集成技术, 实现园区中循环; 在县域内, 通过优化农业产业布局、治理畜禽养殖污染、推行种植业清洁化生产、推进农业废弃物循环利用等, 整体构建生态循环农业产业体系, 实现县域大循环^[2]。这种农业生态循环模式的形成, 沼气工程在其中发挥着功不可没的纽带作用, 沼气工程的功能定位也由早先的以气为主转变为气肥并重。沼液作为沼气工程的副产物, 含有丰富的氨基酸、B 族维生素、一些植物激素, 对病虫害有明显抑制作用^[3], 是各类农作物、花卉、果树、蔬菜的优良有机肥料^[4-5]。近几年, 浙江省在推进沼液资源化利用的过程中取得了一定的成就, 初步形成了就地消纳、异地配送等多途径利用格局, 但是在沼液利用过程中, 仍然存在着沼液连续性产生与季节性施用的时间矛盾以及种养不配套的空间矛盾^[6]。同时, 沼液养分含量不稳

收稿日期: 2017-11-15

基金项目: 浙江省科技厅重点研发计划项目 (2015C03013); 浙江省“三农六方”科技协作项目 (CTZB-F160728AWZ-SNY1-20)

作者简介: 刘银秀 (1977—), 女, 浙江江山人, 高级工程师, 硕士研究生, 研究方向为农村能源与农业生态, E-mail: 151429677@qq.com。

定、差异性大,也是目前沼液利用所面临的一大问题。由于受养殖场清粪工艺、沼气工程运行效率等因素的影响,沼液养分含量差异性大在所难免。因此探索了解规模化沼气工程原液、沼液理化性质变化情况对摸清沼气工程现状,推进全省沼液资源化利用工作具有重要意义。为此,对浙江省20个农村规模化沼气工程进行了调查,对原液、沼液样品中的 COD_{Cr} 、pH值、有机质、总磷、总钾、总氮、氨态氮等7个指标进行了测定,以期对沼液利用提供基础数据和技术支撑,为全省生态循环农业发展和环境保护提供指导。

1 材料与方法

1.1 采样点分布及背景情况

表1 沼气工程采样点的背景情况

序号	养殖规模/头	猪场清粪工艺/个		发酵工艺/个		停留时间/个			运行年限/个		
		干清粪	水泡粪	CSTR	UASB	6~9 d	10~19 d	≥ 20 d	1~4 a	5~9 a	≥ 10
1	2 000~4 999	6	2	6	2	1	2	5	6	2	0
2	5 000~7 999	7	1	5	3	3	3	2	1	7	0
3	>8 000	4	0	2	2	3	1	0	2	1	1

1.2 采样方式和样品

每个采样点在采样当天的9:00—10:00、11:30—12:30、14:00—15:00分别采集3份样品,每份样品量相同且不少于300 mL。然后将3份样品均匀混合成1份样品,以供检测。供检样品装入500 mL PVC瓶中,密封、冷藏保存,24 h内送往具有检测资质的第三方检测机构进行分析测定。如果指标无法一次性测完,剩余样品加入浓硫酸酸化,并于0~4℃条件下保存。

1.3 测定项目与方法

原液、沼液样品的测定指标为pH值、 COD_{Cr} 、有机质、总氮(N)、铵态氮(NH_4^+-N)、总磷(P_2O_5)、总钾(K_2O)等7项。

样品pH值测定采用电极法(NY/T 1973—2010), COD_{Cr} 测定采用快速消解分光光度法(HJ/T 399—2007),有机质测定采用重铬酸钾-容量法(NY 525—2012),总氮、总磷和总钾测定参照有机-无机复混肥料的测定方法(GB/T 17767—2010),样品铵态氮测定采用蒸馏-滴定法(NY/T 1116—2014)。

数据采用Excel软件进行统计与分析。

2 结果与讨论

2.1 原液、沼液 COD_{Cr} 变化

2016年11月15日至12月5日,在全省9个设区市的19个县(市、区)挑选20个规模化猪场的沼气工程进行调查采样。采样期间全省最高气温5~25℃,最低气温2~18℃。

20个规模化沼气工程均为生猪存栏量在 $\geq 2\,000$ 头规模养殖场的配套工程。其中:存栏量 $\geq 5\,000$ 头的占55%;厌氧容积 $\geq 800\text{ m}^3$ 的占70%;厌氧工艺为混合型厌氧反应器(CSTR)和上流式厌氧污泥床反应器(UASB)2种,CSTR占65%;厌氧停留时间均 $\geq 6\text{ d}$, $\geq 10\text{ d}$ 占65%(表1)。

养殖场有17个采用干清粪工艺,3个采用水泡粪工艺,发酵原料均为猪粪尿+冲洗水。沼气工程取样期间正常运行。原液样品取自进水集水池,沼液样品取自厌氧发酵池出水口处。

由表2可以看出,本次调查采样的20个规模化沼气工程原液 COD_{Cr} 浓度为1 432~64 059 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。浓度 $>5\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 占80%,浓度较高,这可能是因为有的养殖场采用水泡粪工艺,有的养殖场干清粪不彻底导致粪尿进入沼气工程的数量较大,有的养殖场人为地将粪尿大量排入沼气工程,以制取更多沼气满足用能所需。沼液样品中 COD_{Cr} 浓度为424~6 410 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,对原液 COD_{Cr} 的去除率为70.1%~96.8%。其中有10个沼气工程的 COD_{Cr} 去除率 $\geq 80\%$ 。由于受养殖规模、管理水平、饲料种类、粪便清理方式及频次等因素影响,不同养殖场沼气工程的原液和沼液 COD_{Cr} 浓度差异均较大,且无明显规律性。沼液浓度仍然较高,未达到相关排放标准,因此这些沼液不能直接排至环境中,尚需进一步深化处理或者对其进行综合利用,避免产生二次污染。

2.2 原液、沼液pH值变化

从图1可以看出,原液pH值为6.0~8.8,且在6.5~8.5的有17个,占85%。沼液pH值为6.75~7.85。结果表明,二者变化幅度都不大,但原液的pH值变化大于沼液,这主要可能是原液受养殖规模、管理水平、饲料种类、粪便清理方式及频次等因素影响较大的缘故。正常运行的沼气工程,其内部厌氧发酵环境相似且趋于稳定,从而使

表2 原液、沼液的 COD_{Cr} 含量变化

序号	原液/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	沼液/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %	序号	原液/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	沼液/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %	序号	原液/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	沼液/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %
1	6 828	1 855	72.8	8	64 059	6 410	90.0	15	2 207	660	70.1
2	7 088	1 082	84.7	9	22 077	6 018	72.7	16	2 370	710	70.0
3	6 452	1 245	80.7	10	8 517	2 395	71.9	17	38 041	1 202	96.8
4	31 795	7 535	76.3	11	16 190	2 183	86.5	18	63 674	2 330	96.3
5	9 621	2 887	70.0	12	1 432	424	70.4	19	9 085	1 696	81.3
6	7 188	1 786	75.2	13	5 273	612	88.4	20	58 478	5 774	90.1
7	3 240	580	82.1	14	10 570	3 150	70.2				

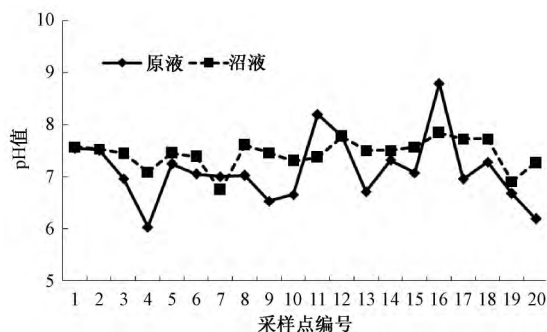


图1 原液、沼液 pH 值的变化

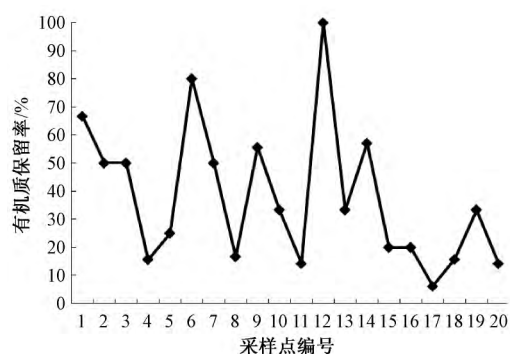


图3 沼液有机质的保留率

得沼液的 pH 值相对稳定, 波动不大。

2.3 原液、沼液有机质含量变化

从图2可以看出, 原液中有有机质含量为0.1% ~ 3.5%, 其中有16个样品有机质含量 < 1.5%; 沼液中有有机质含量为0.04% ~ 0.80%, 其中有18个样品的有机质含量在0.1% ~ 0.5%。图3显示, 沼液有机质保留率 ≥ 60% 的仅3个点, 占调查总数的15%, 保留率 ≥ 50% 的有8个点。这说明, 经过沼气工程厌氧发酵后, 原液中的有机质被降解较多, 这可能跟经厌氧发酵后, COD_{Cr} 去除率较高, 而有机质主要测定的是水中的碳有关。

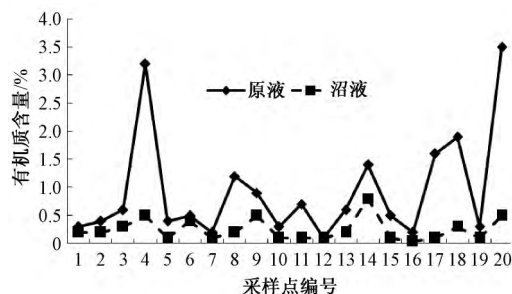


图2 原液、沼液有机质含量的变化

氮保留率 ≥ 60% 的有13个点, 占65%。原液铵态氮含量为0.07% ~ 0.29%, 沼液中铵态氮含量为0.02% ~ 0.28%, 沼液中铵态氮保留率 ≥ 60% 的有15个, 占75%, 其中有2个点的铵态氮含量甚至高于沼液, 这可能是由于原液当中的部分含氮物质经沼气工程厌氧发酵处理后, 氮转化成其他形式存在于沼液中。结果说明, 沼气工程厌氧发酵对氮的去除量很少, 若沼液经后续深化处理后排放, 则还需进一步处理氮, 但从沼液资源化利用角度出发, 沼液中氮元素损耗少反而有利于其在农作物种植中的使用。

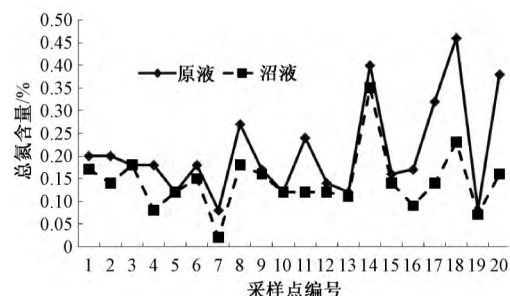


图4 原液、沼液总氮含量的变化

2.4 原液、沼液总氮和铵态氮含量变化

由图4~7可以看出, 原液总氮含量为0.08% ~ 0.46%, 沼液全氮为0.02% ~ 0.35%, 沼液中总

2.5 原液、沼液总钾含量变化

由图8~9可以看出, 原液总钾含量为0.04% ~ 0.149%, 沼液中总钾含量为0.016% ~ 0.134%, 总

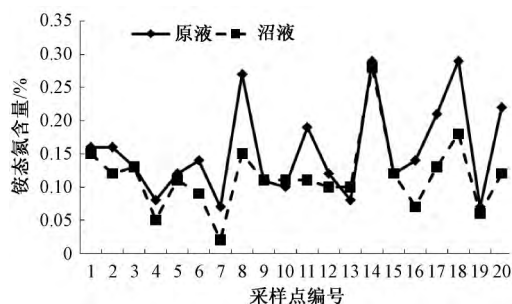


图5 原液、沼液铵态氮含量的变化

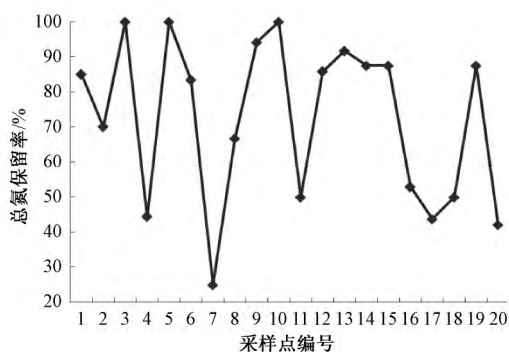


图6 沼液总氮的保留率



图7 沼液铵态氮的保留率

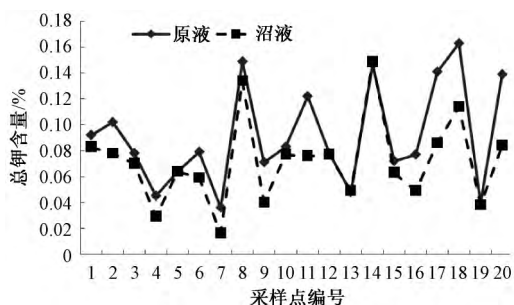


图8 原液、沼液总钾含量的变化

钾保留率 $\geq 60\%$ 的点有18个,总钾保留率 $\geq 80\%$ 的点有10个。这说明通过沼气工程厌氧发酵,原

液中除部分钾元素随着颗粒物沉淀进入沼渣外,其余大部分得以保留在沼液中,这有利于沼液在农作物种植中作为肥料使用。

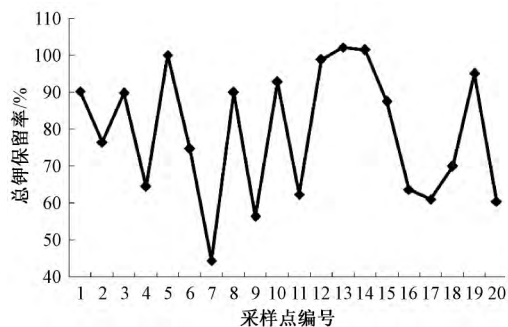


图9 沼液总钾的保留率

2.6 原液、沼液总磷含量变化

由图10~11可以看出,原液总磷含量为未检出(图中用0表示,以下类同)~0.34%,沼液中总磷含量为未检出~0.05%,总磷保留率 $\geq 60\%$ 的点仅有5个,14个点的总磷保留率 $< 50\%$ 。这说明通过厌氧发酵,原液中的大部分磷元素随着颗粒物沉淀进入沼渣,少部分得以保留在沼液中。

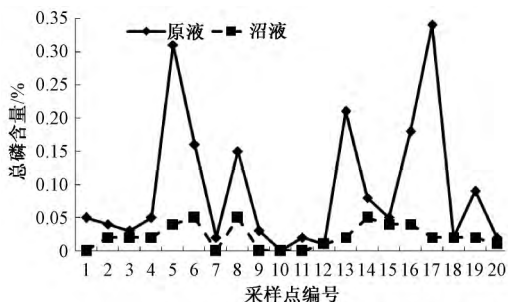


图10 原液、沼液总磷含量的变化

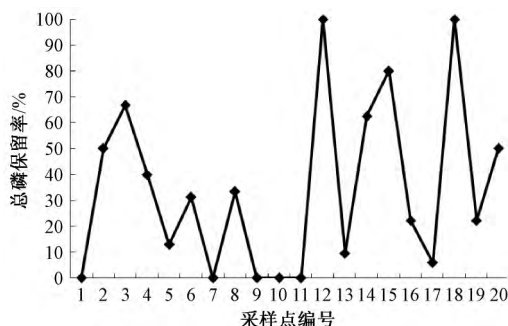


图11 沼液总磷的保留率

2.7 原液、沼液总养分变化

总养分指总氮、总磷、总钾的总和。由图12~13可以看出,原液总养分含量为0.13%~0.96%,

沼液中总养分含量为 0.06% ~ 0.55%, 沼液中总养分保有量 $\geq 60\%$ 的有 12 个, 占 60%, 这说明沼液对总氧分的保留较好。

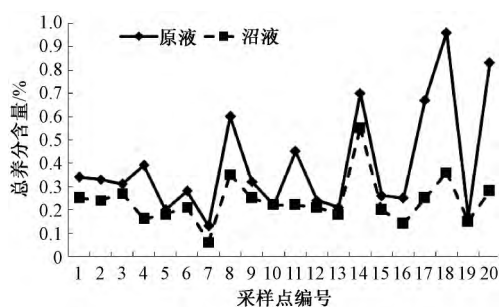


图 12 原液、沼液总养分含量的变化

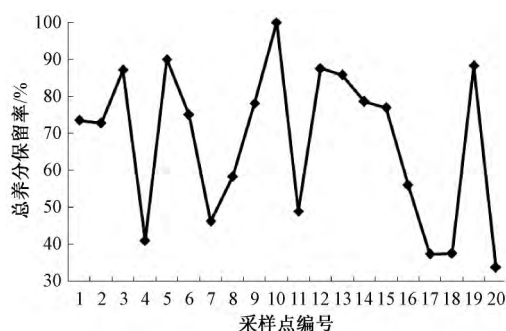


图 13 沼液总养分的保留率

3 小结

本次调查受条件限制, 只对浙江省范围内的 20 个规模化沼气工程进行调查分析, 因此只能做出以下初步的定性结论。

20 个规模化沼气工程原液的 COD_{Cr} 浓度较高, 且差异较大, 经过沼气工程处理后, COD_{Cr} 浓度大幅度降低, 去除率 $\geq 70\%$, 但沼液中 COD_{Cr} 浓度仍然较高, 未达到相关排放标准, 原液和沼液中的 COD_{Cr} 变化均无明显规律性。同时对于沼气工程是否发酵完全还需要进一步分析。多年的实践经验证明, 经沼气工程厌氧发酵后的沼液需在贮肥池或厌

氧塘停留一定时间后才能用于种植业生产。

受养殖规模、管理水平、饲料种类、粪便清理方式及频次等因素影响, 规模化沼气工程原液 pH 值波动范围较大, 经沼气工程厌氧发酵后, 沼液 pH 值相对稳定, 波动不大。

规模化沼气工程厌氧发酵对含碳有机物质的处理效果较好, 但沼液原液中的总氮、总钾、铵态氮等营养物质得到较好的保留, 保留率均较高, 大部分可以达 $\geq 60\%$, 其中总钾、铵态氮保留率最高, 总磷的保留率最低, 这有利于沼液作为有机肥料进行综合使用。

沼液中含有一定量的氮磷钾, 但总养分较低, 且不同养殖场沼气工程沼液养分含量差异性较大。因此, 沼液作为有机液体肥料施用于农作物种植时, 应根据实际情况进行肥效试验, 待确定合理用量及施用方法和频次后方可大面积推广使用, 以免对农作物生长产生不良影响。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委 农业部. 关于印发《全国农村沼气发展“十三五”规划》的通知: 发改农经〔2017〕178号 [EB/OL]. (2017-01-25) [2017-08-25]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201702/t20170210_837549.html.
- [2] 浙江省农业厅. 浙江省现代生态循环农业发展“十三五”规划浙农计发〔2016〕17号: [EB/OL]. (2016-08-02) [2017-08-22]. http://www.zj.gov.cn/art/2016/8/22/art_5495_2181193.html.
- [3] 曹汝坤, 陈灏, 赵玉柱, 等. 沼液资源化利用现状与新技术展望 [J]. 中国沼气, 2015, 33 (2): 42-50.
- [4] 唐微, 伍钧, 孙百晔, 等. 沼液不同施用量对水稻产量及稻米品质的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2010, 29 (12): 2268-2273.
- [5] 庞喜定. 沼液在白脆瓜生产中的应用效果试验 [J]. 中国沼气, 2012, 30 (5): 63-64.
- [6] 杨治斌, 吕旭东. 浙江省沼液利用现状与推进机制探讨 [J]. 浙江农业科学, 2014 (11): 1665-1668, 1673.

(责任编辑: 吴益伟)