

猪粪沼液贮存过程中养分变化

吴华山, 郭德杰, 马 艳, 常志州*

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 南京 210014)

摘要:为实现沼液养分有效利用与管理,研究了规模化养猪场沼液在不同季节、不同方式贮存条件下,沼液中 COD、pH、TN、TP、TK 等变化,结果表明:贮存 90 d 后,沼液中 TN、TP、TK 含量分别减少了 67.22%~84.31%、59.70%~93.45%、35.27%~80.25%,COD 下降了 24.78%~42.96%;贮存期内铵态氮含量持续下降,至 60 d 后基本保持稳定,90 d 后 4 个处理铵态氮减少了 75.35%~89.71%,硝态氮含量增加了 3~6 倍。比较不同季节,在贮存期前 60 d 内,夏秋季的 COD 浓度以及 TN、TP、NH₄-N 下降幅度高于冬春季,而在贮存 60 d 后,冬春季贮存沼液中 TN、TP、NH₄-N 下降幅度显著高于夏秋季;沼液加盖贮存,在前期可减少沼液中 TN、TP、NH₄-N 量的下降,但贮存 90 d 时,其贮存方式对 TN、TP、NH₄-N 量变化的影响已不明显。试验结果为沼液的存放和农田施用提供了重要参数。

关键词:猪粪沼液;贮存;养分;变化

中图分类号:S216.4 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2012)12-2493-07

Changes of Nutrients in Anaerobically Digested Slurry of Pig Manure During Storage

WU Hua-shan, GUO De-jie, MA Yan, CHANG Zhi-zhou*

(Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: Changes of COD and nutrients content in anaerobically digested slurry (ADS) of pig manure produced from large biogas plant are monitored during 90-day storage under different conditions to achieve its effective utilization and management of nutrients. The results showed that the contents of total N (TN), total P (TP), total K (TK) and COD decreased by 67.22%~84.31%, 59.70%~93.45%, 35.27%~80.25% and 24.78%~42.96%, respectively. The ammonium-N content decreased constantly in the 60-day storage time and remained stable in the next 30 days. The ammonium-N concentration reduced by 75.35%~89.71% while the nitrate content increased by 4~6 folds after storage for 90 days. During the first 60 days, the decrement of concentration of COD, TN, TP, TK, ammonium-N and nitrate was more significant in Summer-Autumn than those of in Winter-Spring. However, the reduction of T-N, T-P and ammonium-N contents were more significant in Winter-Spring than those of in Summer-Autumn 60 days later. The ADS stored in sedimentation pond covered by lid lessened the decrease of TN, TP and ammonium-N contents during the early period of storage. No significant differences on the changes of TN, TP and ammonium-N contents of ADS in sedimentation pools covered or uncovered were found after 90 days of storage. The above-results provided important information for reasonable storage and application of ADS.

Keywords: anaerobically digested pig slurry; storage; nutrient; change

随着畜禽养殖业发展,动物排泄物数量越来越多,畜禽粪便已成为重要的污染源,严重影响着生态环境安全^[1];针对畜禽养殖场污染物的处置与利用有多种技术途径^[2-5],将畜禽粪便、养殖污水无害化处理进行农田回用是有效途径之一,特别是将畜禽养殖

废弃物进行厌氧发酵产沼气、沼液沼渣农田回用,在实现养殖废弃物处置与利用的同时,又能获取生物质能^[6]。因此,以沼气工程为纽带的农牧结合型技术,得到了全社会关注与重视,并得到了大力推广应用。

截至 2010 年,全国各类沼气工程 7.27 万处,沼气年产量达 140 亿 m³,沼液、沼渣年产生量近 4 亿 t^[7]。为确保养殖场产生的氮、磷、钾等养分得到充分与有效利用,实现养殖与种植合理的配置,众多学者研究了养殖场粪便产生量,粪便中氮、磷、钾等养分产生量,以及沼液沼渣在不同作物上适宜施用量以及最大

收稿日期:2012-04-27

基金项目:农业部公益性行业计划(200903011-01)

作者简介:吴华山(1978—),男,硕士,助研,从事农业废弃物资源化方面的研究。E-mail:mountain-wu@tom.com

*通信作者:常志州 E-mail:czhizhou@hotmail.com

消纳量等^[8-13]。在养殖-种植实际工程应用中,由于沼液排放具有大量性、连续性等特点,而农田种植用水用肥却是季节性和定量性,每天大量的沼液不可能及时用于农田,沼液需贮存 1~3 个月,甚至更长时间,以满足作物季节性施肥的需要。那么沼液在贮存过程中,其养分形态以及养分含量是否发生变化? 贮存方式与贮存季节是否影响其养分变化? 目前还鲜有报道。然而了解沼液在贮存过程中养分形态以及含量变化,对于制订养殖场氮磷等养分管理方案至关重要。

本研究采用室外模拟方法,研究了沼液在不同季节、不同贮存方式下的养分变化,旨在为沼液的养分管理与基于养分平衡、有效利用的农牧结合模式提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象

沼液采自江苏省农业科学院六合动物科学基地规模化猪场的沼气工程,该猪场采用“干清粪、水冲洗”方法处理排泄物,清理出的粪便进入肥料厂堆肥加工,粪尿及猪场冲圈污水进入沼气工程厌氧发酵。沼气工程反应器为两个各 500 m³ 的 UASB 和 CSTR 厌氧发酵罐,水力滞留期(HRT)为 10 d。本试验所选择的沼液为 UASB 反应器排出的新鲜沼液,该反应器中所进的原料为养猪场排放的污水,其产生沼液的养分含量见表 1。

1.2 试验处理及方法

贮存试验分为两个季节,分别是冬春季(Winter Spring)(2 月中旬—5 月中旬)与夏秋季(Summer Autumn)(7 月初—9 月底);采用两种贮存方式,分别为

敞口(Open)与用水泥预制板加盖(Cover),盖上留有小透气孔,共 4 个处理,即:冬春季开放(Winter Spring open)、冬春季加盖(Winter Spring cover)、夏秋季开放(Summer Autumn open)、夏秋季加盖(Summer Autumn cover),4 种处理分别以 WSo、WSc、SAo、SAc 代表。

每个贮存池长 1.7 m、宽 0.73 m、深 1.1 m,有效容积约 1.2 m³,每个处理设 3 个重复。

1.3 采样及分析

沼液贮存满后,用水体采样器于第 5、10、15 d 采样,15 d 后每隔 10 d 采样 1 次,采样不搅拌,采样深度为 20 cm。分析样品中的 pH、全氮、铵态氮、全磷和全钾。分析方法均按《水和废水监测分析方法》(国家环境保护总局编第四版)。

1.4 数据处理方法

数据处理采用 SAS 和 Excel 两种统计分析软件。

2 结果与讨论

2.1 沼液液面高度和 pH 值变化

沼液贮存过程中,由于蒸发和降雨等原因,液面高度及液体体积不断变化(表 2)。

由于本试验的贮存过程在自然状态下进行,外界的蒸发和降水都会对沼液体积和浓度产生影响,若降水量过大甚至会引起溢流,但为确保得到自然状态下的结果,不再作其他人工处理。在冬春季试验期间,当地总降雨量为 212.2 mm,夏秋季试验期间的总降雨量为 720.8 mm。在试验期间未出现短期超过 100 mm 的降雨,因此试验贮存池未出现溢流现象。

根据表 2,在不同时期,开放环境下液面较加盖处理的液面下降快。虽然夏秋季降雨量是冬春季 4 倍

表 1 初始沼液基本化学性质
Table 1 Content of nutrients of biogas slurry

季节	pH	全氮/mg·L ⁻¹	全磷/mg·L ⁻¹	全钾/mg·L ⁻¹	铵态氮/mg·L ⁻¹	硝态氮/mg·L ⁻¹	COD/mg·L ⁻¹
冬春季	7.04	474.7	181.1	523.0	370.27	5.36	637.49
夏秋季	7.15	460.0	182.9	420.6	358.80	4.54	548.87

表 2 贮存期内沼液液面高度及体积变化率
Table 2 Change of surface level of biogas slurry during reserve period

处理	0 d	30 d		60 d		90 d	
	液面高度/cm	液面高度/cm	体积变化率/%	液面高度/cm	体积变化率/%	液面高度/cm	体积变化率/%
WSo	102	95	-6.86	86	-15.69	80	-21.57
WSc	102	97	-4.90	88	-13.73	84	-17.65
SAo	103	88	-14.56	83	-19.42	74	-28.16
SAc	103	93	-9.71	87	-15.53	80	-22.33

多,但夏秋季的沼液体积最终还是少于冬春季,这与夏秋季的温度较高蒸发较快有关,且水汽蒸发量大于雨水的补充量。

沼液的 pH 值变化情况见图 1。

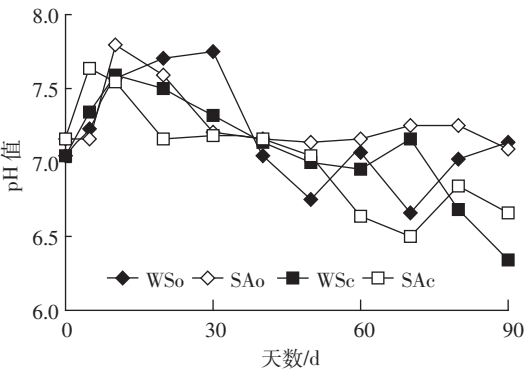


图 1 沼液贮存期 pH 值变化
Figure 1 Change of pH during reserve period

初始沼液的 pH 值冬春季为 7.04, 夏秋季为 7.15, 两者 pH 值均处于厌氧发酵适宜的范围内, 表明该沼气工程运行正常^[14-15], 沼液贮存后, 其 pH 值均呈现升高后降低趋势, 敞口贮存的沼液, 最终 pH 值趋于中性, 而加盖贮存的沼液, 试验结束时, pH 值呈弱酸性。

2.2 沼液 COD 变化

沼液贮存过程中 COD 变化见图 2。COD 值呈先降后升的变化。总体上夏秋季变化幅度大于冬春季, 敞口贮存条件下, COD 变化幅度大于加盖贮存处理。4 个处理每个时段的 COD 变化结果见表 3。

WSo、WSc、SAo、SAc 4 个处理间比较, 在前 30 d, 夏秋季浓度变化幅度大于冬春季, 30~60 d 冬春季浓度变化大于夏秋季, 而 60~90 d 内贮存方式的影响要大于季节的影响, 敞口贮存的变化要显著大于加盖贮存。沼液贮存过程中, 随着沼液中悬浮物的沉降与生

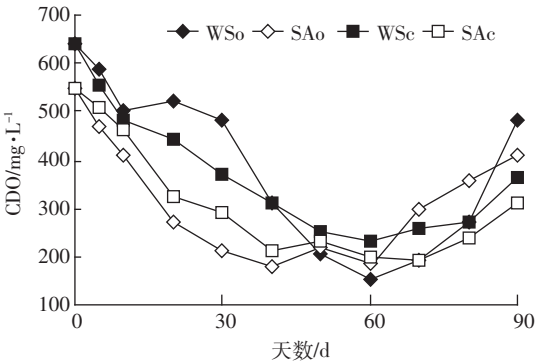


图 2 沼液贮存期 COD 含量变化
Figure 2 Change of biogas slurry COD during reserve period

物降解, COD 大幅度下降, 冬春季在第 60 d 达到最低点, 夏秋季则在 40 d 左右, 此后 COD 的升高, 对照表 1 结果。贮存的第 3 个月, 沼液液面下降比例较前两个月高, 一定程度上对沼液 COD 浓度起到了“浓缩”作用, 也可能是因为沼液中微生物和藻类大量繁殖所致, 其具体原因还有待进一步观察研究。按国家《畜禽养殖业污染物排放标准》^[16]和《农田灌溉水质标准》^[17], 规模化养殖污水排放 COD 值应 $\leq 400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 蔬菜灌溉用水应 $\leq 150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。由图 2 可见, 沼液经贮存 3 个月, 其 COD 值仍高于蔬菜灌溉用水标准限值, 需要加水稀释后方可作灌溉水之用。

2.3 沼液全 N 含量变化

沼液贮存过程中, 全 N 含量变化见图 3。沼液贮存前 60 d 全氮含量均大幅度下降, 且 60 d 时夏秋季浓度要小于冬春季, 在前 60 d 总体上敞开贮存的浓度要小于密闭贮存; 在 60 d 后, 冬春季全氮浓度变化不大, 但夏秋季全氮浓度有升高趋势, 最终 90 d 后夏秋季的全氮浓度反而要高于冬春季。WSo、WSc、SAo、SAc 4 个处理 90 d 后全 N 含量分别减少了 77.74%、84.31%、67.22%、69.17%。对照表 2 沼液液面下降数

表 3 沼液在贮存中不同时期 COD 浓度及变化率

Table 3 Consistence and variety ratio of COD at different reserve stages

处理	0 d	30 d		60 d		90 d	
	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	浓度变化率/%	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	浓度变化率/%	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	浓度变化率/%
WSo	637.49	482.95	-24.24±0.94aB	154.54	-68.00±3.45dC	479.54	210.29±6.89aA
WSc	637.49	367.04	-42.42±1.12bC	231.82	-36.84±1.17cB	363.63	56.86±3.23cA
SAo	548.87	209.83	-61.77±3.29cC	183.09	-12.74±0.13aB	410.43	124.17±5.12bA
SAc	548.87	289.78	-47.20±2.13bcC	200.93	-30.66±1.23b	312.71	55.63±1.98cA

注: 表中大写字母(ABC)和小写字母(abcd)分别表示某项指标同一处理在不同时期(30、60、90 d)变化率的差异显著性, 以及该项指标 4 种不同处理间(WSo、WSc、SAo、SAc)在同一时期变化的差异显著性($P<0.01$)。(下图同)

Note: Capital letters and small letters in the table respectively denote the significant difference of at different time (the 30th, 60th, 90th day) relative to former, and significant difference among four treatments(WSo, WSc, SAo, SAc) at the same time($P<0.01$)(The same below)

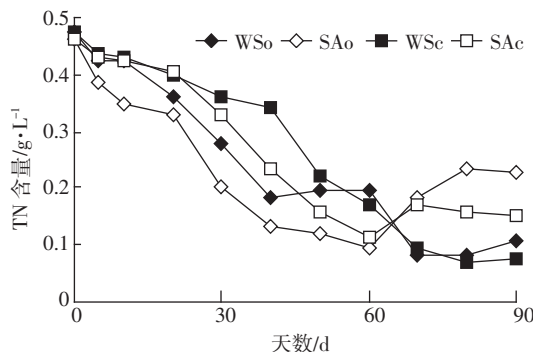


图3 沼液储存全氮含量变化

Figure 3 Change of biogas slurry T-N content during reserve period

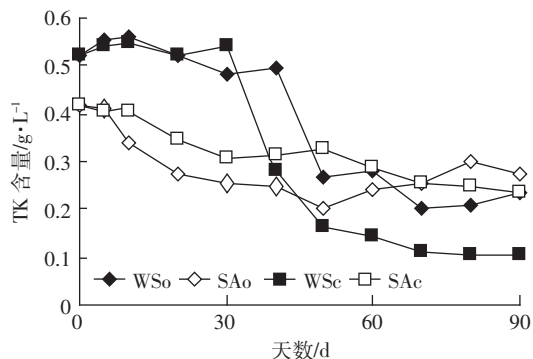


图5 沼液贮存全钾含量变化

Figure 5 Change of total potassium content

据可知,后期沼液氮含量提高,可能主要是由于沼液的浓缩效应所致。

2.4 沼液全磷和全钾含量变化

图4、图5为沼液贮存中全磷和全钾含量变化。由图4可见,沼液中全磷与全氮含量(图3)变化规律基本一致,冬春季前期表现逐渐下降,后期平稳,而夏秋季前期下降,50 d后又又有小幅度升高。沼液中磷浓度降低,一方面可能是由于被沼液中固体悬浮物吸附下沉,另一方面可能是磷酸根离子与沼液中的一些金属离子产生反应形成沉淀,导致沼液中磷浓度降低。WSo、WSc、SAo、SAc 4 个处理全磷含量分别减少了 93.45%、84.19%、68.64%、59.70%。

由图5可见,沼液贮存中,钾浓度变化不同于全氮与全磷含量变化,相对于后者,钾的浓度变化幅度较小,冬春季贮存的第1个月,沼液中钾浓度几乎没有变化,此后才逐步降低,沼液中钾的减少,可能主要是由于被沼液中悬浮物吸附下沉或被沼液中藻类繁殖吸收所致。WSo、WSc、SAo、SAc 4 个处理全钾含量最终分别减少54.86%、80.25%、35.27%、44.28%。

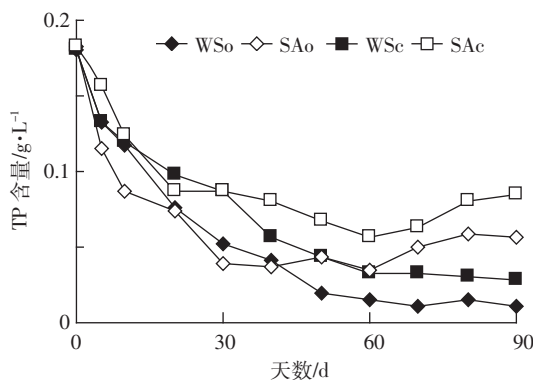


图4 沼液贮存全磷含量变化

Figure 4 Change of total phosphorus content

2.5 沼液铵态氮和硝态氮含量变化

沼液中氮主要以铵态氮形式存在^[15]。沼液贮存过程中,铵态氮含量持续下降(图6),其变化趋势与全氮变化趋势相似,但铵态氮下降速度要高于全氮,初始沼液铵态氮浓度占全氮的78%,30 d时占65.78%~73.05%,60 d时占48.55%~67.78%,90 d时占49.61%~62.35%;表明有部分铵态氮转化为其他形式的氮。在贮存前60 d,敞口贮存较加盖铵态氮浓度下降更快,60 d后变化不大;贮存90 d后,沼液中铵态氮浓度分别下降了85.84%、89.71%、78.26%和75.35%。铵态氮含量的下降可能由几个方面的原因引起:一是氨挥发,二是吸附沉淀,三是硝化作用,四是微生物和藻类吸收。两个贮存季节的不同贮存方式,铵态氮均表现为明显的下降趋势,表明铵态氮的降低是一个剧烈的过程,即使外部环境有变化,也不足以产生明显的影响。

沼液贮存中,硝态氮含量(图7)先是急剧升高,然后降低并保持稳定的过程,其中敞口贮存硝态氮含量变化比加盖处理剧烈,夏秋季表现得更明显。贮存90 d,WSo、WSc、SAo、SAc 4 个处理硝态氮含量分别

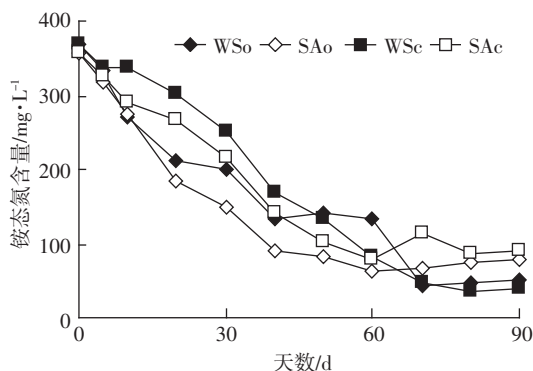


图6 沼液贮存铵态氮含量变化

Figure 6 Change of biogas slurry ammonium-N content

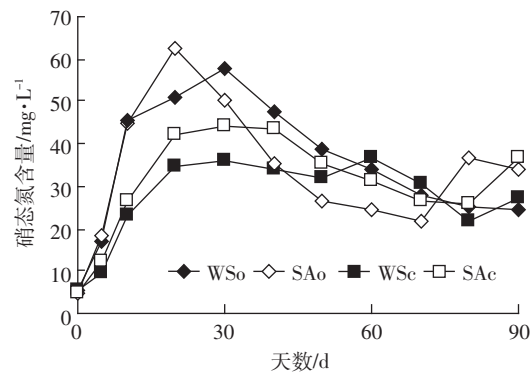


图 7 沼液贮存硝态氮含量变化
Figure 7 Change of biogas slurry nitrate-N content

增加了 3.5、4.1、6.4 倍和 7.1 倍。理论上敞开环境下由于通气量大,铵态氮更容易氧化为硝态氮,但从试验结果看,反而加盖环境下的硝态氮最终含量要高于敞开环境。一方面是由于加盖不等于密封,依然有气体交换;另一方面敞开环境中后期水生植物和微生物活动相对较高,也加速硝态氮的消耗。

在厌氧环境中,沼液中硝态氮含量很低,初始铵态氮/硝态氮比值冬春为 69.08,夏秋季为 79.03,铵态氮含量占绝对优势;沼液排出后,在有氧环境下,到第

30 d,4 个处理铵态氮/硝态氮比值就迅速降为 2.95~7.02,第 90 d 为 1.40~2.39,表明沼液中的硝化作用相当强烈。

2.6 沼液贮存中养分总量变化

由于沼液贮存中体积发生着变化,沼液中养分浓度变化与养分总量变化程度不同。依据沼液中养分浓度与沼液体积,计算出贮存中沼液中总养分量的变化,结果见表 4。

由表 4 可见,沼液贮存 90 d 内,所有养分都是前 30 d 总量变化最为显著。沼液中全氮量减少了 76.05%~87.08%,其中冬春季较夏秋季总氮损失量大;进一步分析沼液贮存过程中氮损失量变化,在沼液贮存前两个月,夏秋季贮存总氮损失远高于冬春季,仅是在第 3 个月,冬春季贮存的沼液氮损失量急速增加,而夏秋季贮存沼液中总氮变化不大;对造成这种现象的原因还有待进一步研究。比较不同贮存方式的氮损失量,贮存前 1~2 个月,加盖贮存氮损失量低于敞口处理,此后不同贮存方式氮损失量差异不明显。

贮存 90 d 时,沼液全磷量下降了 68.70%~94.86%,变化幅度较全氮大,但不同处理间变化趋势与全氮基本一致,即:贮存沼液中全磷量下降幅度冬春季大于

表 4 沼液在贮存中不同时期养分总量及变化率
Table 4 Gross capacity and variety ratio of biogas slurry nutrients at different reserve stages

指标	处理	初始	30 d		60 d		90 d	
		总量/g	总量/g	总量变化率/%	总量/g	总量变化率/%	总量/g	总量变化率/%
全氮	WSo	611.50	336.74	-44.93±1.04cA	212.62	-65.23±7.70aB	106.77	-82.54±6.49bC
	WSc	611.50	441.45	-27.81±2.37aA	188.68	-69.14±7.53abB	79.03	-87.08±5.65cC
	SAo	598.37	224.63	-62.46±2.15dA	140.53	-76.52±9.98cB	140.90	-76.45±4.43aB
	SAc	598.37	384.29	-35.78±2.24bA	159.29	-73.38±3.75bcB	143.30	-76.05±1.84aC
全磷	WSo	233.32	62.96	-73.01±0.77bA	17.03	-92.70±2.46dB	11.99	-94.86±10.20C
	WSc	233.32	107.61	-53.88±2.93aA	35.46	-84.80±8.24cB	30.39	-86.98±4.78cC
	SAo	237.93	77.62	-67.39±2.64cA	58.20	-75.54±3.92bB	53.60	-77.47±4.83bB
	SAc	237.93	101.40	-57.38±1.92aA	94.14	-60.44±3.54aB	74.48	-68.70±1.98aB
全钾	WSo	673.70	582.24	-13.58±3.00bA	304.48	-54.80±3.82bB	238.52	-64.60±5.59cC
	WSc	673.70	659.16	-2.16±0.34aA	158.51	-76.47±3.83cB	109.57	-83.74±3.97dC
	SAo	547.06	284.83	-47.94±5.79dA	261.99	-52.11±5.58bB	254.39	-53.50±4.28aB
	SAc	547.06	362.19	-33.79±5.43cA	312.66	-42.85±2.16aB	236.78	-56.72±5.52bC
铵态氮	WSo	476.97	241.06	-49.46±3.22cA	144.12	-69.78±3.25aB	52.97	-88.89±3.82bC
	WSc	476.97	307.58	-35.51±1.97aA	91.61	-80.79±5.45bB	40.42	-91.52±2.31bC
	SAo	466.73	164.10	-64.84±2.13dA	66.43	-85.77±4.54cB	72.90	-84.38±1.58aB
	SAc	466.73	252.77	-45.84±6.89bA	87.55	-81.24±2.15bB	89.34	-80.86±2.51aB
硝态氮	WSo	6.9	69.81	917.90±35.61aA	39.35	469.88±48.31bB	27.43	297.34±19.43dC
	WSc	6.9	44.17	544.60±29.10cA	42.69	518.34±13.92aB	31.27	352.86±22.48cC
	SAo	5.91	56.44	870.31±75.06aA	27.78	370.38±35.59cC	34.96	491.96±11.36bB
	SAc	5.91	52.72	802.35±15.21bA	36.32	514.98±25.65aC	40.05	578.22±15.05aB

夏秋季,贮存前期下降量大于后期,贮存前期,敞口贮存磷下降幅度大于加盖贮存。在自然环境中,敞口贮存一方面受到雨水的影响较大,具有一定的稀释作用;另一方面敞口环境接受空气中的带电荷粒子较多,导致沼液中的胶状悬浮物沉淀较快。

沼液中含钾量也随贮存时间延长而下降,贮存90 d时,全钾量下降幅度小于全氮与全磷量,为53.50%~83.74%。贮存季节间的差异与全氮、全磷相同,但贮存方式对全钾量下降的影响未见规律性。贮存中铵态氮量的变化规律与全氮基本一致,而硝态氮量变化与铵态氮相反,夏秋季贮存沼液中硝态氮含量明显高于冬春季处理,贮存方式对沼液中硝态氮含量影响没有明显的规律。

3 结论

(1)沼液贮存90 d,其中COD、全氮、全磷、全钾和铵态氮量均显著下降,而硝态氮含量大幅度提高。在贮存的0~60 d内,COD、全氮、全磷和铵态氮量呈现明显下降趋势,下降量显著地高于贮存的60~90 d,COD值在60~90 d呈增加的趋势,沼液中全钾量则较平缓下降。计算沼液中养分总量,90 d后4个处理全氮量减少了76.05%~87.08%,全磷量减少了68.70%~94.86%,全钾量减少了53.50%~83.74%。

(2)贮存季节对沼液中COD浓度以及TN、TP、TK、 NH_4^+-N 的影响,在不同贮存时间段表现出不同的规律,在贮存的前60 d,夏秋季贮存处理的COD浓度以及TN、TP、 NH_4^+-N 下降幅度高于相同时间段的冬春季贮存,而贮存60 d后,冬春季贮存沼液中TN、TP、 NH_4^+-N 下降幅度显著高于夏秋季。

(3)沼液加盖贮存,在前期可减少沼液中TN、TP、 NH_4^+-N 量的下降,但贮存到90 d时,其贮存方式对TN、TP、 NH_4^+-N 量变化的影响已不明显,贮存方式对沼液中COD浓度的影响未表现出明显的规律性。

(4)沼液初始硝态氮含量很低,其变化是一个先急剧升高,后降低保持稳定的过程,最终硝态氮含量较初始值大幅度提高。其中敞口贮存硝态氮含量变化比加盖处理剧烈,尤其是夏秋季敞口贮存条件下,硝态氮变化幅度最大。

参考文献:

[1] 杨雄年. 开阔思路、明确方向—进一步推动沼肥综合利用工作—全国沼肥综合利用现场经验交流会[J]. 农业工程技术(新能源产业), 2011, 9:2-4.

YANG Xiong-nian. Widen train of thought, clear direction—To further promote the comprehensive utilization of biogas fertilizer—The comprehensive utilization of biogas fertilizer at the experience exchange conference[J]. *Agricultural Engineering Technology (New Energy Industry)*, 2011, 9:2-4.

[2] 李秀辰, 李俐俐, 张国琛, 等. 养殖固体废弃物做碳源的海水养殖废水反硝化净化效果[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4):275-279.

LI Xiu-chen, LI Li-li, ZHANG Guo-chen, et al. Denitrification of wastewater with external carbon source of solid wastes in recirculation marine culture system[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26(4):275-279.

[3] 孙家宾, 陈光年, 彭朝晖, 等. 规模化养猪场废水处理沼气工程案例[J]. 中国沼气, 2011, 29(4):20-21, 24.

SUN Jia-bin, CHEN Guang-nian, PENG Zhao-hui, et al. Case analysis on operation and benefit of large-scale biogas project of livestock farm[J]. *China Biogas*, 2011, 29(4):20-21, 24.

[4] 赵玉祥. 奶牛养殖废水处理工程分析[J]. 环境科技, 2011, 24(1):29-31.

ZHAO Yu-xiang. Engineering analysis on treatment of cattle farm wastewater[J]. *Environmental Science and Technology*, 2011, 24(1):29-31.

[5] 赵翔涌, 樊栓卿, 杨向阳, 等. 200 kW 猪粪发酵沼气燃料电池示范项目综述[J]. 生物加工过程, 2005, 3(1):20-22.

ZHAO Xiang-yong, FAN Shuan-shi, YANG Xiang-yang, et al. Brief introduction of panyu 200 kW fuel cell system[J]. *Bioprocess Engineering*, 2005, 3(1):20-22.

[6] Westerman P, Bicudo J. Management considerations for organic waste use in agriculture[J]. *Bioresource Technol*, 2005, 96(5):215-221.

[7] 化党领, 刘方, 李国学, 等. 翻堆与覆盖工艺对猪粪秸秆堆肥性状的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(12):210-216.

HUA Dang-ling, LIU Fang, LI Guo-xue, et al. Effect of turning and covering techniques on pig manure straw composting property[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(12):210-216.

[8] 郭德杰, 吴华山, 马艳, 等. 不同猪粪尿产生量的监测[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(3):516-522.

GUO De-jie, WU Hua-shan, MA Yan, et al. Monitoring of the amount of pig manure and urine in different swineries[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 27(3):516-522.

[9] Angelidaki I, Ellegaard L. Co-digestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants[J]. *Appl Biochem Biotech*, 2003, 109:95-105.

[10] 吴华山, 郭德杰, 马艳, 等. 猪粪沼液施用对土壤氨挥发及玉米产量和品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(2):163-168.

WU Hua-shan, GUO De-jie, MA Yan, et al. Effects of pig manure anaerobic digestion slurry application on the ammonia volatilization of soil and outputs and qualities of maize[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(2):163-168.

[11] Teijia Paavola, Jukka Rintala. Effects of reserve on characteristics and hygienic quality of digestates from four co-digestion concepts of manure and biowaste[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(2):7041-

- 7050.
- [12] Terhoeven-Urselmans T, Scheller E, Raubuch M, et al. CO₂ evolution and N mineralization after biogas slurry application in field and its yield effects on spring barley[J]. *Applied Soil Ecology*, 2009, 42(6): 297-302.
- [13] 张祥明, 郭熙盛, 刘春盛. 氮磷钾配施沼气肥对早稻产量和品质的影响[J]. *土壤通报*, 2010, 41(2): 399-402.
- ZHANG Xiang-ming, GUO Xi-sheng, LIU Chun-sheng, et al. Effect of combined application of N, P, K and biogas fertilizers of early rice yield and quality[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2010, 41(2): 399-402.
- [14] 刘荣厚, 郝元元, 叶子良, 等. 沼气发酵工艺参数对沼气及沼液成分影响的实验研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(增刊1): 85-88.
- LIU Rong-hou, HAO Yuan-yuan, YE Zi-liang, et al. Experimental research on technical parameters of anaerobic fermentation for biogas production[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(Suppl1): 85-88.
- [15] 靳红梅, 常志州, 叶小梅, 等. 江苏大型沼气工程沼液理化特性分析[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(1): 291-296.
- JIN Hong-mei, CHANG Zhi-zhou, YE Xiao-mei, et al. Physical and chemical characteristics of anaerobically digested slurry from large-scale biogas project in Jiangsu Province[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(1): 291-296.
- [16] 国家环境保护局. GB 18596—2001 畜禽养殖业污染物排放标准[S]. Ministry of Environmental Protection of the people's Republic of China. GB 18596—2001 Discharge standard of pollutants for livestock and poultry breeding[S].
- [17] 国家环境保护局. GB 5084—1992 农田灌溉水质标准[S]. Ministry of Environmental Protection of the people's Republic of China. GB 5084—1992 Standards for irrigation water quality[S].

“第五届全国农业环境科学学术研讨会” 征文通知

各有关单位和专家:

第五届全国农业环境科学学术研讨会拟定于2013年4月19—22日在江苏省南京市召开。会议主题为“农业环境与生态安全”。现将会议有关征文事宜通知如下:

一、论文征集范围

1. 污染生态研究; 2. 土壤污染与修复研究; 3. 农业面源污染与治理研究; 4. 农业温室气体减排潜力与技术评估研究; 5. 有机污染物环境行为控制研究; 6. 农业废弃物处理及资源化利用研究; 7. 农业环境质量与农产品安全研究; 8. 农业环境风险评价与预警体系研究; 9. 生态农业、生物多样性保护及转基因环境安全研究。

二、论文要求

1. 论文应是未公开发表或未在全国性学术会议上交流过的学术论文;
2. 论文请用 Word 格式录入, 并通过 E-mail 信箱投稿, 投稿前须严格审查, 文责自负;
3. 论文格式请按《农业环境科学学报》征稿简则的要求撰写;
4. 截稿日期: 2013 年 3 月 10 日;
5. 投稿信箱: E-mail: caep@vip.163.com (来稿请务必注明“学术会议论文”)。审阅合格的论文编入《第五届全国农业环境科学学术研讨会论文集》, 入选 CNKI《中国重要会议论文全文数据库》。研讨会上评选的优秀会议论文将集中刊登在《农业环境科学学报》2013 年第 8 期, 并对优秀论文颁发证书及奖金。

三、联系方式

通信地址: 300191 天津市南开区复康路 31 号 《农业环境科学学报》编辑部

联系人: 李无双 (13702119778) 潘淑君 (13920028209)

电话(传真): 022-23674336

E-mail: caep@vip.163.com <http://www.aes.org.cn>