沼液对土壤理化性质的影响

王毅琪[1,2],韩文彪[1,2],赵玉柱[1,2],陈 灏[1],王玉喜[1,2],呼斯冷[1,2]　(1. 中国科学院生态环境研究中心鄂尔多斯固体废弃物资源化工程技术研究所,内蒙古鄂尔多斯 017000; 2. 鄂尔多斯市城市矿产研究开发有限责任公司,内蒙古鄂尔多斯 017000)

摘要　[目的] 为了考察沼气工程发酵沼液施用对土壤理化性质的影响。[方法] 以苜蓿为材料,采用田间试验,探讨不同沼液施用量对土壤理化性质的影响。[结果] 施用全沼液后土壤酸碱度得到明显改善,由碱性土壤逐渐转变为弱碱性,土壤含水率从 5.53% 提高到 13.92%,土壤氨氮、速效磷和速效钾得到显著积累,与施肥前相比分别提高 80%、50% 和 116%,土壤有机质含量与施肥前相比提高了 61.55%。[结论] 施用沼液对土壤理化性质有显著的改良作用。

关键词　沼液;土壤;理化性质
中图分类号　S15　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2016)01 - 193 - 03
DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.01.064

Effects of Biogas Slurry on Soil Physical and Chemical Properties

WANG Yi-qi[1,2], HAN Wen-biao[1,2], ZHAO Yu-zhu[1,2] et al　(1. Ordos Institute of Solid Waste Technology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Ordos, Inner Mongolia 017000; 2. Ordos Urban Mining Research and Development Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017000)

Abstract　[Objective] The research aimed to investigate the effects of biogas slurry on the soil physical and chemical properties. [Method] The impacts of different application amount of biogas slurry on physical and chemical properties of soil were studied through field experiment with medicago as test materials. [Result] The biogas slurry could change pH from alkaline to alkalescence, moisture content of the soil increased from 5.53% to 13.93%. Biogas slurry could lead to the accumulation of the NH_4^+-N, avai1able P, and available K in soils obviously, and they increased by 80%, 50%, 116% and 61.5% compared with the pre-implantation respectively. [Conclusion] Biogas slurry can improve the physical and chemical properties of soil obviously.

Key words　Biogas slurry; Soil; Physical and chemical property

随着沼气工程的普遍化和规模化,将粪便、生活垃圾、餐厨垃圾等有机废弃物转化为清洁能源(沼气)和有机肥料(沼液)以及将沼气、沼液进行合理处置显得尤为重要。在发酵代谢过程中,碳素以 CH_4 形式形成清洁能源,而其他 90% 的营养物质均保留在沼液中。有研究表明,发酵沼液中含有丰富的氮、磷、钾等营养元素和作物所需的营养元素[1-3],而且大部分为简单的、易于被动植物吸收的小分子或离子状态,如有机废弃物中的有机氮一部分被转化为氨态氮的形式,相当于速效氮,另一部分则参与代谢或分解为氨基氮。但是,由于发酵原料的差异,沼液中的营养元素含量也有所不同[3]。有研究表明,沼肥中总氮(TN)含量占 0.78% ~ 1.61%,总磷(TP)含量占 0.40% ~ 0.60%,总钾(TK)含量占 0.61% ~ 1.30%,营养成分中有机质所占的比例最大,通常为 36.0% ~ 49.9%[4-5]。由于沼液中的化学耗氧量(COD)、总氮、总磷等含量依然较高,无法满足直接排放的要求。目前经沼气工程处理后排放的沼液利用率不足 30%[6-7],沼液去向又给周边环境带来新的难题。加强沼液的利用与净化技术研究显得非常迫切。以往的研究主要集中在用沼液作肥料对作物产量和品质的影响上[8-9],而通过沼液施肥大量消纳沼液、减少周边环境压力及对土壤环境的影响等研究报道较少。以苜蓿为试验材料,通过不同量沼液作为苜蓿灌溉肥水替代化肥,笔者研究了不同用量沼液对土壤理化性质的影响,以期为规模沼气工程产生的沼液提供大量消解途径和应用依据。

基金项目　"十二五"国家科技支撑计划项目(2012BAC25B03)、(2012BAC25B07)。
作者简介　王毅琪(1987 -),女,内蒙古鄂尔多斯人,工程师,从事城市有机废弃物处置与利用方面的研究。
收稿日期　2015-11-30

1　材料与方法

1.1　试验材料　供试草类为在鄂尔多斯市准格尔旗沙圪堵镇生活垃圾综合处理厂生活区自然生长的绿化用草类——苜蓿。苜蓿为苜蓿属(*Medicago*)植物的通称,豆科,多年生草本植物,主要用于制干草、青贮饲料或用作牧草[10]。供试沼液来自鄂尔多斯市准格尔旗沙圪堵镇生活垃圾综合处理厂的联合厌氧发酵系统,经 10 d 的静止熟化期。供试土壤取自于该生活垃圾处理厂生活区绿化用土地。供试沼液和土壤的理化性质见表 1。

表 1　供试沼液和土壤理化性质

Table 1　Biogas slurry and soil physical and chemical properties

样品 Index	pH	有机质 Organic matter//%	氨态氮 Ammoniacal nitrogen mg/kg	速效磷 Rapidly-available phosphorus mg/kg	速效钾 Rapidly available potassium mg/kg
沼液 Biogas slurry	7.92	3.74	1 425.41	465.70	782.71
土壤 Soil	8.05	6.65	12.31	50.24	54.63

1.2　试验方法　6 月 4 日种植苜蓿,9 月 10 日收割。按所施用沼液的用量,设 6 个处理,其中 T0 为空白对照,即灌溉等体积清水,T1 为施无机肥对照,T2 ~ T5 为施用不同量沼液处理。每个处理均不施基肥,占地 7.04 m^2。在试验田中,除了苜蓿之外,没有种植其他植物。试验共施 5 次沼液和无机肥,施肥间隔期为 10 d。将熟化的沼液分别按照沼液、清水(V:V)0:5、1:4、1:1、4:1、5:0比例调配施用,单位面积的施量为 2 L/m^2。T1 处理每次追加尿素 5.65 g/m^2、磷酸二铵 5.3 g/m^2、氯化钾3.5 g/m^2(折合氮 3.75 g/m^2、磷 1.25 g/m^2、钾

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.83 g/m²)，氮、磷、钾营养元素含量与沼液相当。6 个处理的其余试验条件都保持一致。试验设计见表 2。

1.3 测定指标 该试验共追肥 5 次。在每次施肥前 1 d 取土样用于测定理化特性，最后 1 次取样为施肥后第 10 天，共测 6 次。土壤 pH、含水率、氨氮、速效磷、速效钾、有机质的测定采用常规测定法。

表 2 试验设计

Table 2 Test design L

处理 Treatment	沼液 Biogas slurry	清水 Clean water
T0	0	14.070
T2	2.820	11.260
T3	7.035	7.035
T4	11.260	2.820
T5	14.070	0

2 结果与分析

2.1 不同沼液配比对土壤 pH 的影响 酸碱度直接影响着土壤肥力和植物生长发育[11]。试验地在内蒙古西部，土壤偏碱性，在 8.0 左右。由图 1 可知，T0 处理土壤 pH 几乎未改变，基本保持在 7.9 左右，对土壤 pH 的改善效果不明显；T1 处理虽然在一定程度上可降低土壤酸碱度，但过量施用化肥会造成土壤板结和退化；随着施用沼液浓度的提高，土壤 pH 呈明显下降趋势，尤其是 T5 处理 pH 降低最为明显，最低达到 7.35，基本接近中性，有效改善土壤环境。这主要是由于沼液本身具有良好的缓冲性，为弱碱性；同时，沼液中含有大量有机质，施用后可增加土壤孔隙度；好氧和兼性微生物降解有机质，产生大量腐殖酸，可降低土壤酸碱度。因此，施用沼液可显著改善土壤酸碱度，避免土壤盐碱化板结，促进钙、镁、铁等微量元素的吸收利用，促进作物生长。

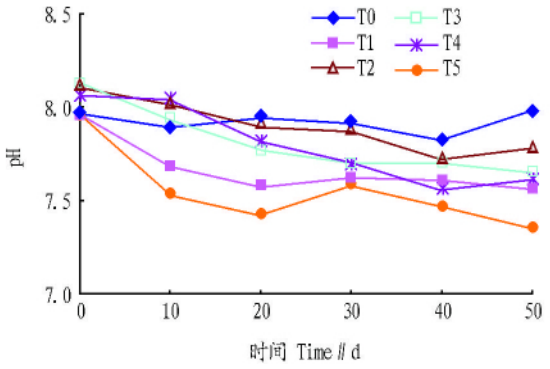

图 1 土壤 pH 的变化

Fig. 1 Changes of soil pH value

2.2 不同沼液配比对土壤含水率的影响 内蒙古地区土壤多为沙质土壤，保水性差。如果人们能提高土壤保水性，那么就会在很大程度上改善农业种植条件。由于在试验期内有 2 次降雨，土壤含水率明显升高。由图 2 可知，各处理都会引起土壤含水率不同程度的增加，但各处理之间差别较大。总体来看，施肥处理保水性要比未施肥处理好，施用高浓度沼液处理的保水性比施用低浓度沼液处理好，即随着沼液浓度的增加，土壤含水率增加，保水性增强。T5 处理含水率从 5.53% 提高到 13.92%。施用沼液提高土壤保水性，可能是由于沼液中含有大量的腐殖酸，而腐殖酸对于土壤团粒结构的形成具有重要作用。因此，施用沼液可以明显改善土壤的保水性能，特别是对于沙质土壤，可达到保水抗旱的作用。

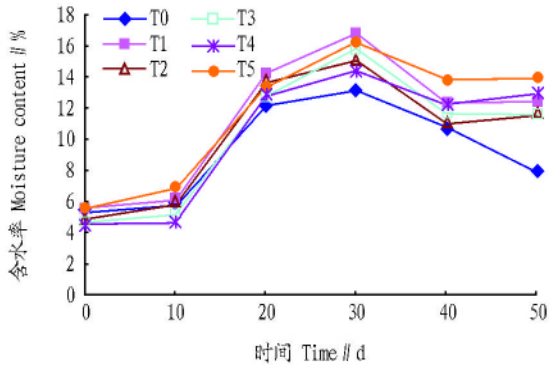

图 2 土壤含水率的变化

Fig. 2 Changes of soil moisture content

2.3 不同沼液配比对土壤氨氮含量的影响 由图 3 可知，随着沼液施用量的增加，土壤中氨氮含量总体上呈先上升后降低的趋势，但是沼液施用处理的降低速度较无机肥施用处理缓慢。随着沼液施用量的增加，土壤中氨氮含量增加，即 T5 处理 > T4 处理 > T3 处理 > T2 处理，T5 处理增量最多，氨氮含量增加 80%，提高到 22 mg/kg，虽然 T1 处理施氮量与 T5 处理相当，但土壤氨氮含量只提高约 50%，即 T1 处理与 T4 处理氨氮含量相当。造成氨氮变化的主要原因，一方面是在追肥前期，土壤氨氮含量上升，但此时苜蓿植株较小，对氨氮的吸收量小于追肥量，因此土壤氨氮积累升高，而随着苜蓿植株的生长，其氨氮需求量增加，并且超过追肥量，因此造成土壤氨氮含量下降；另一方面，由于 T1 处理土壤 pH 较高，偏碱性，会造成氨氮的损失，而施用沼液组可有效改善土壤 pH，减少氨氮的损失。因此，施用沼液可提高土壤中氨氮含量，有效提高土壤供氮水平，具有很好的保肥作用。

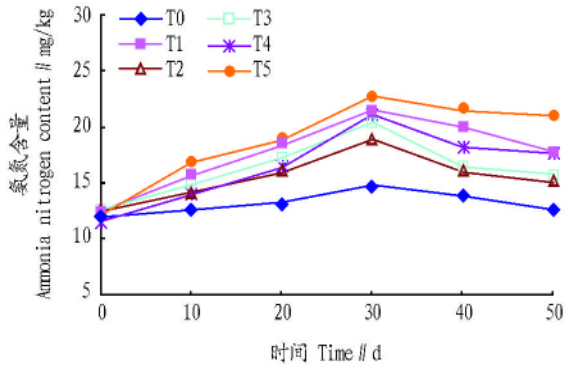

图 3 土壤氨氮含量的变化

Fig. 3 Changes of ammonia nitrogen content in soil

2.4 不同沼液配比对土壤速效磷含量的影响 由图 4 可知，随着沼液施用量的增加，土壤中速效磷含量总体上呈先上升后下降的趋势。这主要与植株生长及其营养元素的吸收有关。T5 处理与 T1 处理土壤中磷含量最高，比施肥前提高约 50%。随着沼液施用量的增加，土壤磷含量增加，均比

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

对照组磷含量有所提高。由此可知，施用沼液和无机肥对土壤中速效磷含量的影响基本一致。土壤速效磷含量与沼液施用量关系较大。虽然肥料特性对土壤速效磷含量的影响不大，但是通过沼液对土壤特性的改良可以促进氮的吸收和保持，在一定程度上对磷的吸收具有促进作用。

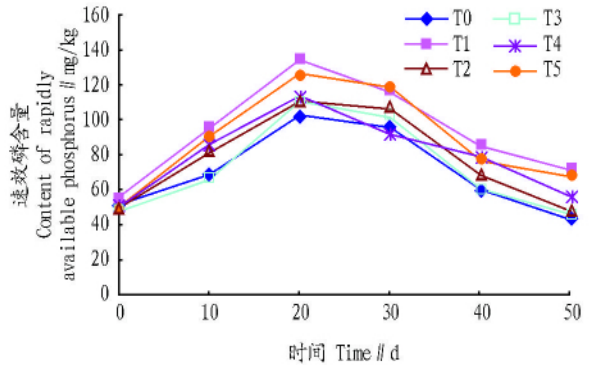

图 4　土壤速效磷含量的变化

Fig. 4　Changes of rapidly available phosphorus content in soil

2.5　不同沼液配比对土壤速效钾含量的影响　由图 5 可知，随着沼液施用量的增加，土壤中速效钾含量增加，均比 T1 处理和 T0 处理要高，即土壤钾含量的大小顺序为 T5 处理 > T4 处理 > T3 处理 > T2 处理 > T1 处理 > T0 处理，其中 T5 处理与 T4 处理提高土壤速效钾含量的效果最为明显，含量最高时分别比施用前提高 116% 和 109%，表明施用沼液对土壤速效钾含量的提高具有很好的效果。造成土壤速效钾含量不同的原因可能与土壤保水性有关。由于速效钾完全属于离子态，施用沼液可有效提高土壤保水性能，从而在一定程度上减少降水、追肥过程中速效钾的淋洗损失，而施用无机肥后土壤保水性得不到改善，速效钾易淋失。因此，施用沼液可以有效促进土壤中速效钾的保持，避免肥效损失，具有良好的保钾作用。

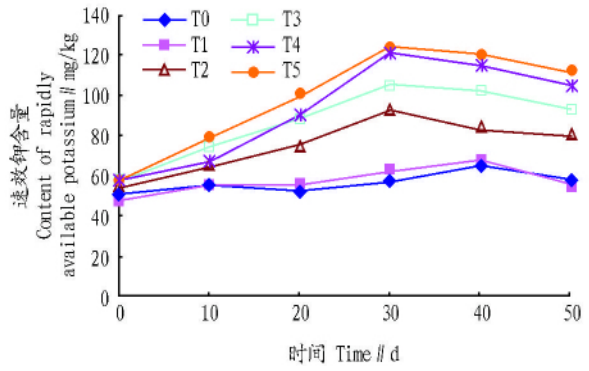

图 5　土壤速效钾含量的变化

Fig. 5　Changes of rapidly available potassium content in soil

2.6　不同沼液配比对土壤有机质含量的影响　土壤有机质能够为植物生长提供必需的营养物质和矿质元素，也是良好的土壤改良剂，因此土壤有机质直接影响着植物生长[13]。由图 6 可知，随着沼液施用量的增加，土壤有机质含量总体上呈上升趋势，其中 T5 处理和 T3 处理土壤有机质含量增加得最多，与施肥前相比分别增加 61.55% 和 48.5%，相比 T0 处理分别增加 2.2% 和 1.8%，同时高于 T1 处理，最高达到 10.5%。土壤有机质含量的增加一方面是由于追肥增加了有机质含量，另一方面是由于追肥提高了土壤含水率，改善土壤微生物生长环境，分解植物残体。因此，施用沼液不仅可以提高土壤有机质含量，而且可以改善土壤微生物生长环境，增加土壤腐殖酸，达到保水、保肥、改良土壤性质的目的。

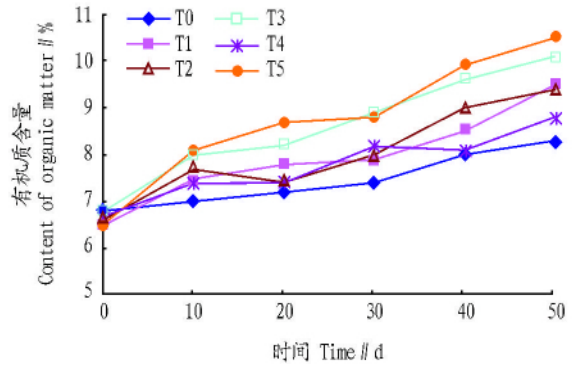

图 6　土壤有机质含量的变化

Fig. 6 Changes of organic matter content in soil

3　结论

通过研究不同用量沼液对土壤理化性质的影响，发现沼液作为有机肥施用对改良土壤特性具有明显作用，即随着沼液施用量的增大，土壤理化性质得到明显改善。其中，全沼液处理效果最好，土壤酸碱度明显改善，由碱性土壤(pH 8.0) 逐渐向弱碱性(pH 7.35) 转变，土壤含水率从 5.53% 提高到 13.92%，具有良好的保水性，土壤氨氮、速效磷和速效钾得到显著积累，与施肥前相比分别提高了 80%、50% 和 116%，与无机肥相比保肥性有所提高; 同时，土壤有机质含量明显增加，与施肥前相比提高了 61.55%。综上所述，施用沼液可以明显增加土壤肥力，提高土壤保水、保肥性，改良土壤结构，优化土壤性质，利于作物生长，为沼气工程发酵沼液的资源化利用开辟一条新路。

参考文献

[1] 祝延立，那伟，郗登宝，等. 施用猪场粪污沼液对土壤理化性质的影响[J]. 安徽农业科学，2012，40(31)：15202－15203.
[2] 李祎雯，曲英华，徐奕林，等. 不同发酵原料沼液的养分含量及变化[J]. 中国沼气，2012，30(3)：17－21.
[3] MALER K，STINMER W. Effect of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses[J]. Eur J Agron，2009，30：1－16.
[4] 赵凤莲. 不同来源沼肥对蔬菜产量和品质的影响及环境效应研究[D]. 泰安：山东农业大学，2011.
[5] 唐微，武钧，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.
[6] 王卫平，朱凤香，陈晓昕，等. 沼液农灌对土壤质量和青菜产量品质的影响[J]. 浙江农业学报，2010，22(1)：73－76.
[7] 赵丽莉. 养猪场沼液农业模式消纳技术研究[D]. 郑州：河南农业大学，2010.
[8] 郭强，牛冬杰，程海静，等. 沼渣的综合利用[J]. 中国资源综合利用，2005(12)：1－15.
[9] 陶红歌，李学波，赵廷林. 沼肥与生态农业[J]. 可再生能源，2003(2)：37－38.
[10] 商旭. 苜蓿高产种植技术[J]. 安徽农学通报，2009，15(10)：264－265.
[11] 李二云. 土壤酸碱性对植物生长的影响及其改良措施[J]. 现代农村科技，2012(6)：48.
[12] 李文涛. 沼液对土壤改良作用研究[D]. 哈尔滨：东北农业大学，2013.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net