

沼液灌溉对作物生长·土壤质量的影响

李萍, 蒋滔*, 陈云跃, 龙翰威, 韦秀丽, 高立洪 (重庆市农业科学院农业工程研究所, 重庆 401329)

摘要 沼液作为有机固体废弃物厌氧发酵的残留物, 富含能被作物快速吸收利用的 N、P、K 以及多种氨基酸、维生素、微量元素和其他有益的生物活性等物质。合理的沼液施灌不但可以有效促进农作物产量的增加, 改善蔬菜品质, 而且可以提高土壤 pH、防止酸化、减少盐害、提高肥效。虽然沼液的长期施灌会不同程度地造成抗生素及部分重金属污染物的积累, 但其危害程度也远远低于单一化肥的施用。然而, 我国的沼液安全利用目前还处于初级阶段。社会还没形成对沼液的安全处理和安全施用的意识。建设适合于不同区域、不同土壤类型的沼液施灌制度及沼液质量监控体系势在必行。

关键词 沼液; 灌溉; 作物产量; 环境安全

中图分类号 S216.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)04-01501-03

Effect of Utilization of Biogas Slurry on Crop Growth and Soil Quality

LI Ping et al (Institute of Agricultural Engineering, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329)

Abstract As the residue from the anaerobic fermentation of organic solid wastes, biogas slurry have abundant N, P, K, amino acids, vitamin, mineral elements and other beneficial biology active matters. Application of solution of biogas slurry can not only effectively promote the yield of crop, change the qualities of vegetables, but also increase the soil pH to a certain degree, prevent soil acidification, reduce salt damage, improve fertilizer efficiency. Although, long-term applying fertilizer would cause the accumulation of antibiotics and heavy metal pollute, but comparing chemical fertilizer, it was harmless. Biogas slurry utilization in China was still in exploration phase at present; society has not a safety conscious on process and utilization of biogas slurry. So, constructing irrigation and biogas slurry monitoring system which is suitable for different regions and different soil types is imperative.

Key words Biogas slurry; Irrigation; Crop yield; Environment safety

随着我国畜禽养殖业集约化、规模化的快速发展, 为了减少成倍增加的畜禽养殖废弃物对环境的危害和破坏, 利用沼气工程技术将养殖废物减量化、资源化、无害化已成为畜牧业可持续发展不可或缺的重要组成部分。2007 年国家《可再生能源中长期发展规划》以及农业部编制出台的《全国农村沼气工程建设规划》中提出, 到 2020 年, 全国农村沼气户用达 8 000 万户, 大中型沼气设施工程达 8 000 处, 年利用沼气体积达 440 亿 m³。重庆市也将沼气工程的进一步开发、拓展纳入《重庆市“十二五”新能源产业发展规划》中。可见, 随着公众对环境保护意识的不断提高与国家财政的继续扶持, 养殖场沼气工程建设在今后相当长的时期内还将得到更进一步的发展。

然而, 经厌氧发酵处理的养殖废水中的 COD、N、P 的含量仍然较高, 大量的沼液未经后续处理直接排放, 给环境带来巨大的隐患。目前, 国内外对沼液的治理技术大致分为还田利用型和达标治理型 2 种。还田利用型是将沼液作为肥料浇灌农田, 其前提是有足够的养殖场、农田或林地承载; 而达标治理型则将厌氧发酵后的沼液进一步处理, 包括生物好氧、物化沉淀等流程, 达标后排入环境水体。相比之下, 还田利用具有处理量大、成本低以及对氮、磷去除效果好等优点。这是目前国内普遍认为最易实施、有效的沼液处理方式^[1]。

1 沼液成分及理化性质

畜禽养殖废水经过厌氧发酵后, 大量的病菌、虫卵、杂草种子死亡, pH 通常呈现中性或微碱性^[2]。作为厌氧发酵残

留物的液态部分, 沼液营养成分十分丰富。靳红梅等对江苏省 21 家畜禽养殖场大中型沼气工程实地调查发现, 猪粪沼液中 TN 含量 400~700 mg/L, TP 30~60 mg/L, TK 100~300 mg/L, 而牛粪沼液中 TP 含量可超过 300 mg/L, TK 含量也超过 500 mg/L^[3]。并且, 这些营养物质多以离子态形式存在, 可以很快地被植物吸收利用。此外, 沼液中还含有大量的植物所需的 Ca、Fe、Cu、Zn、Mn、Pt、氨基酸、生长素、赤霉素、纤维素酶、单糖、不饱和脂肪酸、核酸以及抗生素等微量元素, 十分有利于植物的生长和土壤的改良^[4]。

然而, 由于饲料添加剂的使用, 猪粪重金属污染非常普遍, 尤其是 Zn、Cu、Pb、Cd、Cr、Ni、Hg、As 污染最为明显^[4]。沼液作为养殖废水厌氧发酵副产物, 其重金属含量不容小觑。钟攀等对重庆市 3 个地区 11 个不同沼液样品采集研究表明, 所有样品中 As 的总超标率达到 60%, 超标现象较严重, 是沼液中主要重金属污染物, Cr、Hg、Cd 次之, 而 Pb 不存在超标现象^[2]。张继方等研究表明, Pb、As、Cu 和 Zn 是北京地区猪粪沼液中含量最高的 4 种重金属, 但均低于城镇垃圾农用限定标准值^[5]。

2 沼液灌溉对作物的影响

自 20 世纪 50 年代起, 欧美一些发达国家就已开始将集约化养殖场中的禽畜粪便及污水通过贮存后直接还田处理, 如美国约 90% 的养殖场采用贮存后直接还田方法处理畜禽废弃物。Garg 等发现, 沼液可有改善土壤物理性质 (饱和渗透系数、保湿系数等), 促进小麦生长、增产^[6]。Kotchakorn 等将沼液应用于甜玉米、西红柿及草莓, 也得出同样的结果, 并且土壤肥力增加明显^[7]。20 世纪 70 年代日本开始大力推广粪便污水还田工程。这与我国的沼液农田利用相类似, 但差别在于其有机废水一般不经过厌氧发酵处理, 并且基于对农产品安全的考虑, 多用于林地中, 而较少用于农田^[8]。

基金项目 重庆市科技计划项目 (CSTC, 2011AC1112); “十二五”农村领域国家科技计划课题 (2011BAD36B01); 国家科技支撑计划 (2010BAD03B01)。

作者简介 李萍 (1972-), 女, 贵州水城人, 高级工程师, 从事农业工程及农业环境保护方面的研究。* 通讯作者, 助理研究员, 博士, 从事农业环境保护方面的研究, E-mail: jitaotao@126.com。

收稿日期 2012-12-18

我国对沼液的应用研究兴起于 20 世纪 70 年代末,已在沼液作为肥料对农作物产量、病虫害防治方面做了大量研究。叶志诚通过沼液浸种试验,提高了水稻产量^[9]。朱自芬等通过比较试验发现,沼液浸种比药剂浸种增加约 190.88 kg/hm²,增加 2.1%^[10]。徐卫红等采用盆栽试验,研究了不同沼液用量对茼蒿、生菜硝酸盐含量和营养品质的影响。结果表明,施加沼液不但提高了蔬菜产量,而且改善了蔬菜营养品质,明显提高了植株内氨基酸、维生素 C 含量,而硝酸盐含量则降低约 50%^[11]。高同国等通过大棚试验,研究了沼液追肥对青椒、西红柿和黄瓜 3 种蔬菜产量和品质的影响,也得出与之相似的结论^[12]。岑汤校等分别研究了沼液对水稻、玉米生长情况和产量的影响,并初步确定沼液农田灌溉的最佳施用量^[13-14]。目前,尚未发现合理的沼液施灌导致农作物减产的相关报道。

从食品安全方面来看,过量施用沼肥后,蔬菜中 Cd、Cr 含量与对照相比无显著差异,而其他重金属均在 0.05 水平显著低于对照。可见,过量施肥不会增加蔬菜中重金属的含量^[15]。史一鸣对沼液施灌水稻的研究表明,沼液处理稻谷中重金属含量与空白处理以及正常化肥处理之间没有显著差异,并且沼液施灌量的增加没有对稻谷中重金属含量产生显著的影响,稻谷中重金属含量未超出国家食品中污染物限量标准(GB/2762-2005)^[16]。陈璧瑕对玉米的研究也得出相似的结论^[14]。由此可知,短期的沼液农田施灌通常会增加农作物 Zn 和 Cu 的含量,但不会对作物的食用安全造成任何影响。

3 沼液灌溉对土壤环境的影响

沼液以肥料形式施入土壤后,不仅能促进植物的有效生长,提高作物产量,而且能起到改良土壤的目的。众所周知,单一施用化肥会降低土壤 pH,长期使用必然导致土壤酸化,有机质含量降低,病虫害增加^[14]。研究表明,施用沼液可以不同程度地提高土壤 pH,有效防止土壤酸化及电导率的升高,减少盐害^[17-18]。长期施用沼液还可以有效提高土壤肥效^[6,19],通过沼液和无机肥的配合施用可起到相互促进作用,使土壤碱解氮、速效钾、有效磷等含量提高^[18]。另外,沼液中的腐殖酸对土壤团粒结构的形成起重要作用。土壤有机质含量随着沼液施用量的增加而增加^[17]。刘长喜连续 3 年的田间试验证明,在施用沼液 22 500 kg/hm² 的基础上配合 225 kg 尿素处理,可以使土壤有机质含量增加 0.09%,土壤容重下降 0.03%。沼肥和化肥的配合施用能够使土壤变得疏松,通透性变好^[20]。但康凌云等研究表明,在作物生长缓慢的季节,施用沼液处理的土壤氮、磷养分盈余,表层土壤出现磷累积,并且出现氮素淋洗损失等环境问题^[21]。另外,沼液施灌所引起的氨挥发和温室气体排放也是值得关注的问题^[22-23]。

畜禽养殖废水中的重金属及抗生素残留是否会导致沼液肥料的土壤污染,是沼液资源化利用的评估重点。对厌氧发酵后的沼液和沼渣分析测定发现,沼渣是重金属残留的主要载体,沼液中的重金属含量则相对较低^[24]。但陈志贵研

究表明,过量的沼液施用会使土壤重金属累积^[15]。这与 Giusquiani 等研究成果^[25-26] 相似。而叶伟宗等对蔬菜的研究发现,单施沼液或沼液和化肥配合施用,土壤中重金属含量比全化肥少,单施化肥处理的 Cd 和 Pb 超出国家标准,而施加沼液则全达标^[27-28]。有研究表明,长期施用沼肥的土壤重金属类残留现象总体并不明显,但 Cu、Zn 含量会明显增加^[29];另外,施用沼肥后土壤中抗生素类兽药的残留检出率为 41.7%,环丙沙星类残留量为 9.7 mg/kg,均高于对照土壤。这与 Storage 等对牧草的研究结果^[26] 是一致的。但抗生素类药物的残留浓度与不同养殖类型、方式、饲料的使用等相关^[29]。随着国家和社会对食品安全的重视及科学规范养殖的推广,这种情况将会越来越好。

4 结语

与欧美国家相比,我国沼液的安全利用目前还处于初级阶段,沼液的利用现状还不是很乐观。由于我国用于厌氧发酵的原料很多,餐厨垃圾、秸秆、禽畜粪便、树木枝叶等都可以利用,使得沼液成分、浓度及性质、重金属含量、抗病防虫功效有很大的差异,甚至存在沼液季节性过剩的现象。目前国内沼液安全利用的研究往往以提高产量为主,对沼液的安全使用还没有法规性的文件或管理制度,对管理、施用数量、施用性质还很模糊。虽然很多科研院所已开展了沼液施灌与作物产量、土壤安全等方面的研究,但由于研究方法尚未统一,地区气候及土壤性质差异显著,研究成果未达成普遍共识。

近年我国对沼液回用发展速度较快,势头也很猛,并且取得一些可喜成绩。如果要使该工程更安全、合理、健康地发展,还必须做好以下工作:①完善沼液产品标准,加强对沼肥的质量监控和管理,尤其对其卫生标准进行严格的控制和监管,防止一些抗生素、重金属污染物的超标,减少有毒、有害物质的排放,造成土壤结构的破坏、环境的严重污染;②引进国内外沼液处理的新技术,开发有机肥料、动植物有机营养液等商品化肥料产品的生产,同时在扩大肥料加工厂生产规模的同时,降低有机肥料产品成本,并教育农民发展绿色环保农业的前景和必要性,开拓有机肥料的市场;③将沼液的安全利用纳入农业综合开发建设系统工程之中,使其成为开发能源、保护植被、改良土壤、改善农业环境的基础措施,开发沼液的多功能利用,促进农、林、牧、副和加工业的发展。

参考文献

- [1] 姜丽娜,王强,陈丁江,等.沼液稻田消解对水稻生产、土壤与环境安全影响研究[J].农业环境科学学报,2011,30(7):1328-1336.
- [2] 钟攀,李泽碧,李清荣,等.重庆沼气肥养分物质和重金属状况研究[J].农业环境科学学报,2007,26(S1):165-171.
- [3] 靳红梅,常志州,叶小梅,等.江苏省大型沼气工程沼液理化特征分析[J].农业工程学报,2011,27(1):291-296.
- [4] 史一鸣.稻田生态系统消解沼液的潜力及风险评估[D].杭州:浙江大学,2010.
- [5] 张继方,袁海荣,邹德助,等.沼液养分和重金属农用安全风险[J].安徽农业科学,2012,40(19):10246-10250.
- [6] GARG R N, PATHAK H, DAS D K, et al. Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 107(1/3):1-9.
- [7] KONGKAEW K, KANAJAREONPONG A, KONGKAEW T. Using of slurry and sludge from biogas digestion pool as bio-fertilizer[M]. Thailand: The

- Joint International Conference on Sustainable Energy and Environmetn, 2004:350-352.
- [8] 王月霞. 沼液农田消解利用技术及其土壤环境效应研究[D]. 杭州:浙江大学, 2010.
- [9] 叶志诚. 沼液浸种实效显著[J]. 中国沼气, 1990, 8(3):41.
- [10] 朱自芬, 周美兰, 李仕华, 等. 水稻施用沼液效果研究[J]. 云南农业科技, 2009(4):36-41.
- [11] 徐卫红, 王正银, 权月梅, 等. 沼液对葛笋和生菜硝酸盐含量及营养品质的影响[J]. 农村生态环境, 2003, 19(2):34-37.
- [12] 高同国, 陈楠, 李伟群, 等. 新型高效沼液营养液在蔬菜产量及品质上的效果[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(21):12684-12686.
- [13] 岑汤校, 张硕, 胡宇峰, 等. 单季稻不同用量沼液的肥效试验[J]. 中国土壤与肥料, 2012(2):83-86.
- [14] 陈璧瑕. 沼液农用对玉米产量、品质及土壤环境质量的影响研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2012.
- [15] 陈志贵. 沼液对蔬菜产量和安全性及土壤安全承载力的影响[D]. 上海:上海交通大学, 2010.
- [16] 史一鸣. 稻田生态系统消解沼液的潜力及风险评估[D]. 杭州:浙江大学, 2010.
- [17] 倪亮, 孙广辉, 罗光恩. 沼液灌溉对土壤质量的影响[J]. 土壤, 2008, 40(4):608-611.
- [18] 陈道华, 刘庆玉, 艾天, 等. 施用沼液对温室土壤理化性质影响的研究[J]. 可再生能源, 2007, 25(1):23-25.
- [19] 段文霞, 牟树森, 徐可南, 等. 厌氧发酵液在土壤生态系统中的循环与利用研究[J]. 农业环境科学学报, 1993(4):181-182.
- [20] 刘长喜. 沼肥和化肥合理配合施用技术的研究[J]. 中国沼气, 1986(4):8-12.
- [21] 康凌云, 赵永志, 曲明山, 等. 施用沼液对设施果类蔬菜生长及土壤养分积累的影响[J]. 中国蔬菜, 2011(21):57-62.
- [22] 邓欧平, 姜丽娜, 陈丁江, 等. 大量沼液施灌稻田的氨挥发特征[J]. 水土保持学报, 2011, 25(6):233-236.
- [23] 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.
- [24] 刘喜龙, 刘建伟, 刘宾. 沼液安全利用研究现状及进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2):968-971.
- [25] GUIQUIANI P L, CONCEZZI L, BUSINELLI M, et al. Fate of pig sludge liquid fraction in calcareous soil[J]. Journal of Environmental Quality, 1998, 27(2):364-371.
- [26] STORAGE, KUCHTA S L, CESSNA A J. Lincomycin and spectinomycin concentrations in liquid swine manure and their persistence during simulated manure[J]. Arch Environ Contam Toxicol, 2009, 57(1):1-10.
- [27] 叶伟宗, 成国良, 陆宏, 等. 沼液对甘蓝产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 长江蔬菜, 2006(9):50-51.
- [28] 孙广辉. 沼液灌溉对蔬菜产量和品质以及土壤质量影响的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2006.
- [29] 段然, 王刚, 杨世琦, 等. 沼液对农田土壤的潜在污染分析[J]. 吉林农业大学学报, 2008(3):310-315.

(上接第 1463 页)

3 结论与讨论

在植物再生体系建立中, 外植体的褐变对再生体系的最初阶段能否成功有较大影响^[14]。植物的基因型不同, 其褐化率和褐化程度不同。光照是影响褐化的主要因素之一^[15]。该研究表明, 2 d 的暗培时间能有效降低外植体的褐化, 为之后再生体系成功建立奠定了基础。

矮牵牛再生方式受基因型影响, ‘幻想’矮牵牛以直接出芽为主, 在 MS + 6-BA 2.0 mg/L + NAA 2.0 mg/L 培养基中直接再生出芽率达 94.7%, 无明显愈伤。这与吕晋慧等^[16]研究 10 个不同品种矮牵牛再生时 5 个品种的再生方式相同。此方式产生嵌合体 and 变异的几率较小^[17], 有利于降低假阳性率。此外, 直接再生获得芽的时间较短, 且接种于生根培养基中生根快, 长势好^[18]。该研究同时发现, 不适宜的生长素浓度也会影响其直接出芽, 如 NAA 和 IBA 浓度偏高或偏低时, 直接出芽率均较低, 多分化出难以成芽的愈伤组织。可见适宜的生长素及浓度对出芽方式和出芽率影响重大。

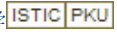
范小峰等^[19]研究发现, 1/2MS 作为生根基本培养基并外加激素时, 矮牵牛生根率和生根状况良好。笔者所在课题组在预试验中用 1/2MS 作基本培养基, 虽能生根, 但根细, 植株矮小, 叶片黄绿。改用 MS 基本培养基后, 状态有所改良。IBA 和 NAA 都能促进根数量的增加, 但 NAA 会抑制根的伸长, 不利于栽植。而 IBA 浓度增加反而会抑制根的伸长, 当培养基为 MS + IBA 0.1 mg/L 时, 根质量最好。

在前人研究中, 多采用高浓度 Km 作为选择抗生素^[2], Cef 作为抑菌抗生素, 而武术杰等研究的 ‘Tidal Wave’ 品种在高浓度 Cef 中出芽率很低, 适宜的抑菌抗生素为羧苄青霉素^[20]。该研究发现, ‘幻想’品种对 Km 很敏感。低浓度 Km 即能抑制叶片再生出芽和生根。初步筛选出 15 mg/L Km 为出芽和生根的抗性筛选质量浓度。‘幻想’品种对 Cef 不敏感, 以 300 mg/L Cef 作为抑菌抗生素的初步筛选质量浓度。

参考文献

- [1] 国凤利, 孟繁静. 矮牵牛花器官发育的研究进展[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4):292-296.
- [2] 彭春秀. 根癌农杆菌介导的 Ipt 基因对矮牵牛遗传转化的研究[D]. 重庆:西南农业大学, 2003.
- [3] 李岩, 赵德刚. Ipt 基因促进矮牵牛遗传转化效率及热激启动子驱动基因删除[J]. 基因组学与应用生物学, 2011, 30(2):145-151.
- [4] WEISS D, VANDERT LUIT A, KNEGT E, et al. Identification of endogenous gibberellins in petunia flower, induction of anthocyanin in biosynthetic gene expression, and the antagonistic effect of abscisic acid[J]. Plant Physiol, 1995, 107:695-702.
- [5] 邵莉, 李毅梁, 晓文, 等. 查尔酮合酶基因转化矮牵牛 - 改变花色的新途径[J]. 生物学通报, 1995(6):11-12.
- [6] MICHAEL J, BECK M J, CAMPER N D. Shoot regeneration from petunia leaf discs as a function of explant size, configuration and benzyladine exposure[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 1991, 26:101-106.
- [7] PRAKASH A P, KUMAR P P. Inhibition of shoot induction by 5-azacytidine and 5-aza-2'-deoxyytidine in *Petunia* involves DNA hypomethylation[J]. Plant Cell Reports, 1997, 25(1):719-724.
- [8] ZHAO Y, XU N, MA Z Y, et al. Effect of Different Plant Growth Regulators on Callus Induction and *in vitro* Rapid Propagation of Wild *Petunia* Juss. [J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(5):931-934.
- [9] 陈林晶, 冯慧, 丛日晨. 矮牵牛花药植株再生体系的建立[J]. 山西农业大学学报, 2009, 29(4):343-347.
- [10] 吕海燕. 矮牵牛突变自交系离体培养及变异植株稳定性观察[D]. 武汉:华中农业大学园艺林学学院, 2009.
- [11] 宗宪春, 宗灿华, 刘静. 不同激素对比对重瓣矮牵牛组织培养的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 37(17):8877-8878.
- [12] 施雪波. 矮牵牛育种[M]//程金水. 园林植物遗传育种学. 北京:中国林业出版社, 2000:234-239.
- [13] 胡惠蓉. ‘幻想’矮牵牛开花的光周期调控及一种新型突变花的初步研究[D]. 武汉:华中农业大学园艺林学学院, 2006.
- [14] WANG P Z, ZHAO X, ZHANG Z S. Study on the Browning in Cell Suspension Culture of *Taxus cuspidata*[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(5):935-937, 983.
- [15] 陈菲, 李黎, 官伟. 植物组织培养的防褐化探讨[J]. 北方园艺, 2005(2):69.
- [16] 吕晋慧, 王玄, 王媛, 等. 讨论用不同基因型矮牵牛高频再生体系建立的研究[J]. 山西农业大学学报, 2011, 31(2):99-103.
- [17] 宁国贵, 白三平, 包满珠. 矮牵牛细胞的长期离体培养及再生植株的 ISSR 分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(7):1479-1485.
- [18] 陶妹英, 贾彩红, 徐碧玉. 直接诱导不定芽的矮牵牛再生体系的建立[J]. 农业生物技术科学, 2006, 22(6):62-65.
- [19] 范小峰, 赵国栋, 徐均泉. 矮牵牛愈伤组织的诱导及植株再生研究[J]. 北方园艺, 2009(6):94-96.
- [20] 武术杰, 李邱华. 矮牵牛 Tidal Wave 品种遗传转化受体再生体系的建立[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(4):14-15.

沼液灌溉对作物生长·土壤质量的影响

作者: [李萍](#), [蒋滔](#), [陈云跃](#), [龙翰威](#), [韦秀丽](#), [高立洪](#)
 作者单位: [重庆市农业科学院农业工程研究所, 重庆, 401329](#)
 刊名: [安徽农业科学](#) 
 英文刊名: [Journal of Anhui Agricultural Sciences](#)
 年, 卷(期): 2013, 41(4)
 被引用次数: 1次

参考文献(29条)

- 姜丽娜;王强;陈丁江 [沼液稻田消解对水稻生产、土壤与环境安全影响研究](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2011(07)
- 钟攀;李泽碧;李清荣 [重庆沼气肥养分物质和重金属状况研究](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2007(z1)
- 靳红梅;常志州;叶小梅 [江苏省大型沼气工程沼液理化特征分析](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(01)
- 史一鸣 [稻田生态系统消解沼液的潜力及风险评估](#)[学位论文] 2010
- 张继方;袁海荣;邹德勋 [沼液养分和重金属农用安全风险](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2012(19)
- GARG R N;PATHAK H;DAS D K [Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil](#)[外文期刊] 2005(1/3)
- KONGKAEW K;KANAJAREONPONG A;KONGKAEW T [Using of slurry and sludge from biogas digestion pool as bio-fertilizer](#) 2004
- 王月霞 [沼液农田消解利用技术及其土壤环境效应研究](#) 2010
- 叶志诚 [沼液浸种实效显著](#) 1990(03)
- 朱自芬;周美兰;李仕华 [水稻施用沼液效果研究](#)[期刊论文]-[云南农业科技](#) 2009(04)
- 徐卫红;王正银;权月梅 [沼液对葛笋和生菜硝酸盐含量及营养品质的影响](#)[期刊论文]-[农村生态环境](#) 2003(02)
- 高同国;陈楠;李伟群 [新型高效沼液营养液在蔬菜产量及品质上的效果](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(21)
- 岑汤校;张硕;胡宇峰 [单季稻不同用量沼液的肥效试验](#)[期刊论文]-[中国土壤与肥料](#) 2012(02)
- 陈璧瑕 [沼液农用对玉米产量、品质及土壤环境质量的影响研究](#) 2012
- 陈志贵 [沼肥对蔬菜产量和安全性及土壤安全承载力的影响](#) 2010
- 史一鸣 [稻田生态系统消解沼液的潜力及风险评估](#)[学位论文] 2010
- 倪亮;孙广辉;罗光恩 [沼液灌溉对土壤质量的影响](#)[期刊论文]-[土壤](#) 2008(04)
- 陈道华;刘庆玉;艾天 [施用沼肥对温室内土壤理化性质影响的研究](#)[期刊论文]-[可再生能源](#) 2007(01)
- 段文霞;牟树森;徐可南 [厌氧发酵液在土壤生态系统中的循环与利用研究](#) 1993(04)
- 刘长喜 [沼肥和化肥合理配合施用技术的研究](#)[期刊论文]-[中国沼气](#) 1986(04)
- 康凌云;赵永志;曲明山 [施用沼渣沼液对设施果类蔬菜生长及土壤养分积累的影响](#)[期刊论文]-[中国蔬菜](#) 2011(z1)
- 邓欧平;姜丽娜;陈丁江 [大量沼液施灌稻田的氨挥发特征](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2011(06)
- 吴华山;郭德杰;马艳 [猪粪沼液施用对土壤氨挥发及玉米产量和品质的影响](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2012(02)
- 刘喜龙;刘建伟;刘宾 [沼液安全利用研究现状及进展](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2012(02)
- GUI SQUIANI P L;CONCEZZI L;BUSINELLI M [Fate of pig sludge liquid fraction in calcareous soil](#)[外文期刊] 1998(02)
- STORAGE;KUCHTA S L;CESSNA A J [Lincomycin and spectinomycin concentrations in liquid swine manure and their persistence during simulated manure](#)[外文期刊] 2009(01)
- 叶伟宗;成国良;陆宏 [沼液对甘蓝产量、品质及土壤肥力的影响](#)[期刊论文]-[长江蔬菜](#) 2006(09)
- 孙广辉 [沼液灌溉对蔬菜产量和品质以及土壤质量影响的研究](#)[学位论文] 2006
- 段然;王刚;杨世琦 [沼肥对农田土壤的潜在污染分析](#)[期刊论文]-[吉林农业大学学报](#) 2008(03)

引证文献(1条)

- 杨静,徐秀银 [施用沼液对生菜产量及土壤质量的影响](#)[期刊论文]-[中国沼气](#) 2013(6)

