

文章编号:1674-7054(2014)01-0052-05

沼液排放对土壤质量的影响

蔡茂¹,余雪标²,周卫卫³,陈小花¹

(1. 海南大学 农学院,海南 海口 570228;2. 海南大学 环境与植物保护学院,海南 海口 570228;

3. 海南罗牛山能源环保公司,海南 海口 571000)

摘要:为探讨沼液排放对土壤质量的影响,对比研究了沼气站周边在不同沼液影响频率下的土壤容重、酸碱度和有机质、全氮、全磷、全钾含量。结果表明,受沼液影响的土壤质量发生了变化,其中长期受沼液排放影响的土壤、人工每年灌溉4次沼液的土壤的有机质、全氮、全磷、全钾含量均有一定程度的增加,土壤容重降低,酸碱度变化不大;与海南省砖红壤农田平均水平相比,受沼液排放影响的土壤的有机质、全氮、全钾含量明显增高,全磷含量偏低,说明长期排放沼液已经造成了土壤氮、钾盈余,磷缺乏,养分供给不平衡。

关键词:沼液排放,土壤质量,养分失衡

中图分类号: S 141.4;S 158

文献标志码: A

随着农村生态家园建设的开展,沼气工程迅速发展,但随之而来的大量沼液排放带来了新的环境问题。沼液作为有机肥用于农田灌溉起到了很好的施肥作用^[1-7],但由于沼液的大量连续排放,也影响了农田的安全性。农田生态系统长期施用沼肥不仅存在着重金属和抗生素类兽药残留污染的风险^[8-10],还会出现养分富集的情况^[11],进而对作物的生长产生不良影响。而沼液作为一种高效有机肥,在使用、排放的同时,是否会对土壤的质量产生不良影响是一个值得关注的问题。因此,笔者通过对沼液使用和排放的周边区域进行针对性调查、采样和分析,探讨沼液排放对土壤质量的影响,旨在为正确使用和排放沼液提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样地概况 采样地位于海口市美兰区三江镇,属于热带季风性气候区,年平均气温 23.8℃,一年中7~8月份气温最高,月平均气温 28.7℃,1月份最低,月平均气温 17.2℃,夏季长冬季短,季节特征不明显,日照时间长,雨量充沛。每年4~10月份是热带风暴、台风活跃的季节,8~9月最多,5~10月为雨季,9月为降雨高峰期,年平均降雨量 1 639 mm。

1.2 试验材料 海口市美兰区三江镇罗牛山农场沼气站,建于2004年,占地 3.3 hm²,建设容积 1 200 m³,运营情况稳定,沼液有机质含量 6.294 g·L⁻¹,全氮含量 4.739 g·L⁻¹,全磷含量 0.102 g·L⁻¹,全钾含量 1.987 g·L⁻¹,pH 7.3。根据沼液流经频率不同,本实验在同一土壤类型区域,面积约 1 hm²,均为砖红壤,母岩为玄武岩,相距 50 m,海拔、降水等条件均一致,近 10 余年来一直种植木麻黄林,设 3 个对比类型,分别是沼液长期排放区,从建站即开始排放,约 10 年(处理 1);人工灌溉区,从 2008 年开始,每年灌溉 4 次,每季度 1 次(处理 2),距今已有 5 年;未有沼液流过的土壤(对照)。采用剖面取样法采集土壤,每个处理样地随机取 3 个剖面,每个剖面 1 m 深,按照 0~20,20~40,40~60,60~80,80~100 cm 土层分层取样,同时用环刀法取原状土测定土壤容重。

收稿日期:2014-01-09

基金项目:海南罗牛山能源环保公司合作项目“规模化养殖气冲洗栏及猪粪尿资源化利用”

作者简介:蔡茂(1989-),男,海南大学农学院 2011 级硕士研究生。

通信作者:余雪标(1963-),男,教授。研究方向:环境生态保护。E-mail:yuxuebiao@163.com

1.3 土样测定方法 采用环刀法^[12]测定土壤容重;用 Mettler Toledo MP120 pH 计测定土壤 pH 值;土壤有机质采用重铬酸钾油浴法测定^[12];土壤全氮采用 ALLIANCE Proxima 连续流动分析仪测定;土壤全磷采用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法测定^[12];土壤全钾采用 NaOH 熔融火焰分光光度法测定^[12]。

2 结果与分析

2.1 沼液对土壤容重的影响 土壤容重是反映土壤松紧程度的重要指标,土壤松紧状况是土壤重要的物理性质之一,它直接影响土壤肥力状况和植物根系的发育。从表 1 可知,在相同土层中,受沼液影响的土壤的土壤容重与对照相比有极显著差异,容重从低到高为:处理 1 < 处理 2 < 处理 3。从 0~20 cm 土层到 80~100 cm 土层,处理 1 比对照分别减小 18.48%,19.12%,17.69%,17.26%,15.06%,处理 2 比对照分别减小 14.13%,14.76%,11.96%,13.71%,12.32%,明显可以看出,处理 1 比处理 2 对土壤容重的影响更大,说明沼液排放越多,流过土壤频率越高,对土壤容重影响越大。李志洪^[13]等研究表明,土壤毛管孔隙度与容重呈正相关,土壤容重对坚实度有显著影响,可以推测沼液在减小土壤容重的同时,土壤的毛管孔隙度也随之减小,土壤坚实度也会随之受到影响。

表 1 沼液对土壤容重的影响
Tab.1 Effect of slurry on soil bulk density

$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

处 理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
1	1.17 ± 0.16Bc	1.17 ± 0.01Bb	1.20 ± 0.07Bb	1.24 ± 0.10Bb	1.28 ± 0.02Bc
2	1.23 ± 0.31Bb	1.23 ± 0.04ABb	1.28 ± 0.05Bb	1.29 ± 0.05ABb	1.32 ± 0.47Bb
3	1.43 ± 0.03Aa	1.45 ± 0.14Aa	1.46 ± 0.06Aa	1.50 ± 0.06Aa	1.50 ± 0.06Aa

注:用 Duncan 法进行多重比较,数据后大小写字母不同分别代表差异性在 0.05 和 0.01 水平上显著(下同)

Note: Values followed by different upper and lower case letters within rows are significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively according to Duncan's Multiple Range Test, hereinafter

2.2 沼液对土壤有机质的影响 土壤有机质是土壤中酶促底物的主要来源,在土壤形成和肥力演变中起着重要作用。同时,土壤有机质也是土壤微生物生长代谢需要的重要 C 源和 N 源,与土壤养分含量密切相关^[1]。从表 2 可知,有机质含量从高到低依次为处理 1 > 处理 2 > 处理 3。从 0~20 cm 土层到 80~100 cm 土层,处理 1 分别比对照增高 93.23%,62.24%,63.96%,84.06%,74.83%,处理 2 分别比对照增高 35.74%,20.50%,10.24%,0.75%,13.06%,从中可以看出,沼液对土壤有机质含量的影响随着土壤深度的增加而减弱。方差分析结果表明,不同处理的土壤有机质含量与对照相比有显著或极显著差异。说明在长期排放沼液及人工灌溉沼液的条件下,土壤有机质含量会不断增加,并且随着沼液影响频率的增加这种影响更加剧烈。

2.3 沼液对土壤全氮含量的影响 氮是植物的主要“生命”元素,是构成蛋白质的主要成分,跟作物的产

表 2 沼液对土壤有机质的影响
Tab.2 Effect of slurry on soil organic matter

$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

处 理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
1	41.44 ± 1.53Aa	31.35 ± 7.62a	31.33 ± 3.61a	29.43 ± 3.74Aa	24.09 ± 1.72Aa
2	29.11 ± 2.20Bb	23.29 ± 2.52ab	21.07 ± 3.39b	16.11 ± 1.24Bb	15.58 ± 0.49Bb
3	21.44 ± 0.92Cc	19.33 ± 0.13b	19.11 ± 6.33b	15.99 ± 1.76Bb	13.78 ± 0.90Bb

量和品质关系极大^[14]。在日常生产活动中,常常将氮含量作为土壤供氮能力与肥力水平的评价指标^[15]。从表 3 可知,土壤全氮含量从高到低依次为处理 1 > 处理 2 > 处理 3。从 0 ~ 20 cm 土层到 80 ~ 100 cm 土层,处理 1 全氮含量比对照分别高 91.06%, 42.68%, 22.39%, 34.69%, 39.39%, 处理 2 比对照分别高 56.91%, 18.29%, 2.99%, 22.45%, 9.09%。可以看出,沼液对土壤全氮含量的影响随着土壤深度的增加而减弱。方差分析结果表明,不同处理条件下,土壤在各层的全氮含量均差异极显著,处理 1 比处理 2 的增加比例更大,说明土壤全氮含量随着沼液影响程度的加剧而增加。

表 3 沼液对土壤全氮含量的影响

Tab. 3 Effect of slurry on soil total N

g · kg⁻¹

处 理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm				
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100
1	2.35 ± 0.24Aa	1.17 ± 0.12Aa	0.82 ± 0.08a	0.66 ± 0.03Aa	0.46 ± 0.03Aa
2	1.93 ± 0.10Ab	0.97 ± 0.04Ab	0.69 ± 0.03b	0.60 ± 0.01Bb	0.36 ± 0.0Bb
3	1.23 ± 0.06Bc	0.82 ± 0.04Bb	0.67 ± 0.03b	0.49 ± 0.02Cc	0.33 ± 0.01Bb

2.4 沼液对土壤全磷含量的影响 磷既是植物体内许多重要有机化合物如磷脂类和核蛋白的重要组成部分,同时又以多种方式参与植物体内各种代谢过程,对作物高产及保持品种的优良特性有明显作用^[14]。因此,磷含量的高低也常被用来作为土壤肥力水平的评价指标。从表 4 可知,土壤全磷含量从高到低依次为处理 1 > 处理 2 > 处理 3。与对照相比,处理 1 和处理 2 的全磷含量在各层均有增长,从 0 ~ 20 cm 到 80 ~ 100 cm 土层分别比对照高 210.52%, 10.42%, 10.81%, 14.71%, 10.00% 和 26.32%, 2.44%, 23.53%, 17.65%, 6.67%。方差分析结果表明,各处理土壤不同土层全磷含量与对照相比有极显著差异,其中,处理 1 的增长幅度明显高于处理 2,说明沼液对土壤全磷含量的影响与受沼液影响的频率有关,且随影响频率的增大而增强。

表 4 沼液对土壤全磷含量的影响

Tab. 4 Effect of slurry on soil total P

g · kg⁻¹

处 理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm				
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100
1	1.18 ± 0.06Aa	0.53 ± 0.02Aa	0.44 ± 0.04Aa	0.41Aa	0.33 ± 0.02a
2	0.48 ± 0.08Bb	0.42 ± 0.05Bb	0.42Aa	0.40 Aa	0.32 ± 0.03a
3	0.38 ± 0.02Bc	0.41 ± 0.01Bb	0.34 ± 0.02Bb	0.34 ± 0.02Bb	0.30 ± 0.05a

2.5 沼液对土壤全钾含量的影响 钾不仅能明显对提高农作物产量、改善农产品品质,还具有提高植物适应外界不良环境的作用,有着品质元素和抗逆元素之称^[14]。从表 5 可知,土壤全钾含量从高到低依次为处理 1 > 处理 2 > 处理 3。与对照相比,处理 1 和处理 2 的全钾含量有较明显的提高,处理 1 和处理 2 在 0 ~ 20 cm 到 80 ~ 100 cm 土层分别比对照高 108.59%, 104.00%, 50.29%, 60.68%, 57.78% 和 61.04%, 66.67%, 40.00%, 52.14%, 47.90%。可见,处理 1 的增长量明显高于处理 2。方差分析结果表明,不同处理条件下的土壤在各层的全氮含量均差异极显著。沼液对土壤全钾含量的影响程度受沼液流经土壤频率的影响,排放越多增长越大。

表5 沼液对土壤全钾含量的影响

Tab.5 Effect of slurry on soil total K

g · kg⁻¹

处 理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm				
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100
1	6.80 ± 1.99 a	6.11 ± 1.26 Aa	5.26 ± 0.77 a	5.64 ± 2.34	5.27 ± 0.25 Aa
2	5.25 ± 0.96 a	5.00 ± 1.14 Aba	4.90 ± 1.40 a	5.34 ± 2.03	4.94 ± 0.99 Aa
3	3.26 ± 0.86 b	3.00 ± 1.22 Bb	3.50 ± 0.94 b	3.51 ± 0.79	3.34 ± 0.70 Bb

2.6 沼液对土壤酸碱度的影响 从表6可知,各处理间的土壤的酸碱度差异不显著。土壤酸碱度是许多化学性质的综合反映,自然状态下的土壤酸碱性主要由成土因子控制,其酸碱变化是一个相对缓慢的过程,土壤pH值每变化一个单位通常需要上百年甚至上千年的时间^[16-17]。虽然处理1和处理2都已经受沼液排放影响了几年,但对于土壤酸碱度变化所需要的时间来说仍太短,所以与对照相比,处理1和处理2的酸碱度变化不大。而且沼液作为一种有机肥,其中的腐殖酸在土壤中容易与各种阳离子结合成腐殖酸盐,它的形成提高了土壤对pH变化的缓冲能力,可以为作物生长提供一个比较稳定的条件^[3]。

表6 沼液对土壤酸碱度的影响

Tab.6 Effect of slurry on soil pH

处 理 Treatments	土层深度 Soil depth/cm				
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100
1	5.15 ± 0.37	5.20 ± 0.37	5.25 ± 0.04	5.16 ± 0.04	5.28 ± 0.04
2	4.90 ± 0.10	4.97 ± 0.13	5.04 ± 0.15	5.14 ± 0.21	5.23 ± 0.10
3	4.85 ± 0.56	5.05 ± 0.31	5.22 ± 0.52	5.15 ± 0.38	5.19 ± 0.18

3 讨 论

不同沼液排放量对土壤质量的影响有明显不同^[18-22]。本研究结果表明,沼液可以减小土壤容重,增加土壤的有机质和全氮、全磷、全钾含量,这与高红莉^[7]、沙长青^[18]、李亚彬^[23]等的研究结果一致。而处理1的各项养分指标高于处理2,说明沼液排放对土壤的养分含量增加有一定的积累效应,沼液排放越多越频繁,养分含量增加就越多。

由于长期的沼液排放,同海南省砖红壤的平均有机质(22.99 g · kg⁻¹)、全氮(0.76 g · kg⁻¹)、全磷(0.67 g · kg⁻¹)、全钾(1.79 g · kg⁻¹)含量^[15]相比,处理1、处理2的有机质(31.53, 23.03 g · kg⁻¹)、全氮(1.09, 0.91 g · kg⁻¹)、全钾(5.82, 5.09 g · kg⁻¹)含量平均值明显高于海南省砖红壤农田的平均水平,特别是全钾含量已经超过海南省平均水平的3倍,但全磷含量却低于平均值,土壤的氮、钾出现盈余,磷缺乏,说明养分水平已经失去了平衡。氮肥过量会造成一部分氮素以硝态氮的形态存在于作物体内,被人摄食后,硝态氮会在人体内还原成亚硝态氮,迅速进入血液,与血红蛋白反应后使其失去输送氧气的功能^[24]。土壤中过多的钾也会对植物造成不良影响,如钾肥过量会影响花生的出苗和出叶,随着钾量的增加甚至会造成死苗^[25]。缺磷会造成植物生长迟缓,矮小,叶色深绿,根系发育不良,对植物伤害极大^[26]。因此,在大力发展沼气工程,沼液产量急剧增加的情况下,更要关注沼液的排放问题,减小其对土壤质量及环境造成的不良影响。

参考文献:

- [1] 张无敌,尹芳,李建昌,等. 沼液对土壤有机质含量和肥效的影响[J]. 可再生能源,2008(6):45-47.
- [2] 倪亮,孙广辉,罗光恩,等. 沼液灌溉对土壤质量的影响[J]. 土壤,2008(4):608-611.
- [3] 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.

- [4] 陈永杏,董红敏,陶秀萍,等. 猪场沼液灌溉冬小麦对土壤质量的影响[J]. 中国农学通报,2011(3):154-158.
- [5] 李萍,蒋滔,陈云跃,等. 沼液灌溉对作物生长·土壤质量的影响[J]. 安徽农业科学,2013(4):1501-1503.
- [6] 吴树彪,崔畅,张笑千,等. 农田施用沼液增产提质效应及水土环境影响[J]. 农业机械学报,2013(8):118-125,179.
- [7] 高红莉,郝民杰,赵凤兰. 沼肥对土壤和作物的影响研究现状[J]. 安徽农业科学,2009(30):14813-14815.
- [8] 陈永杏. 猪场沼液农用生态环境效应研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
- [9] 段然,王刚,杨世琦,等. 沼肥对农田土壤的潜在污染分析[J]. 吉林农业大学学报,2008,30(3):310-315.
- [10] 黄丹丹,王福山,周斌,等. 猪场沼液施用跟踪监测与生态风险评估[C]// 中国畜牧兽医学会,中国农业工程学会. 生态环境与畜牧业可持续发展学术研讨会论文集. 北京:中国畜牧兽医学会,2012.
- [11] 刘伟,武美燕,胡学玉,等. 设施栽培地土壤富营养化及其潜在的环境影响[J]. 环境科学与技术,2011(6):20-23.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,1981.
- [13] 李志洪,王淑华. 土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J]. 土壤通报,2000(2):55-57,96.
- [14] 曾迪,魏志远,刘磊,等. 文昌市耕地土壤养分状况分析[J]. 热带作物学报,2010(2):191-197.
- [15] 海南省农业厅土肥站. 海南土壤[M]. 海口:海南出版社,1993.
- [16] 熊贵顺. 基础土壤学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1996.
- [17] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:177-178.
- [18] 沙长青,谷军,张晓彦. 沼肥对土壤理化性质的影响[J]. 生物技术,2008(6):61-63.
- [19] 陈道华,刘庆玉,艾天,等. 施用沼肥对温室内土壤理化性质影响的研究[J]. 可再生能源,2007(1):23-25.
- [20] 刘文科,杨其长,王顺清. 沼液在蔬菜上的应用及其土壤质量效应[J]. 中国沼气,2009(1):43-46,48.
- [21] YU W, ZHANG Z, LUO S, et al. Study on the characteristics of soil irrigated by biogas slurry in the southwest of China[J]. Asian Journal of Chemistry, 2013, 25(5): 2861-2865.
- [22] GARG R N, PATHAK H, DAS D K, TOMAR R K. Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil[J]. Environ. Monit. Assess., 2005, 107(1/3):1-9.
- [23] 李亚彬,王启龙. 长期施用沼肥对土壤养分含量的影响[J]. 现代农业科技,2011(20):291-295.
- [24] 李生秀. 植物营养与肥料学科的现状与展望[J]. 植物营养与肥料学报,1999(3):193-205.
- [25] 周可金,马成泽,宋燕平,等. 过量施用钾肥对花生生长的抑制作用[J]. 安徽农业大学学报,2001(3):284-287.
- [26] 李志涛,李宏,冯国杰,等. 植物缺素症的诊断与防治[J]. 现代农村科技,2013(10):34-35.

Effect of Slurry on Soil Quality

CAI Mao¹, YU Xuebiao², ZHOU Weiwei³, CHEN Xiaohua¹

(1. College of Agronomy, Hainan University, Haikou 571000, China; 2. College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Haikou 571000, China; 3. Hainan Luoniushan Energy Environment Co. Ltd, Haikou 571000, China)

Abstract: The soil under daily slurry flow (Treatment 1), seasonal slurry flow (Treatment 2) and control without slurry flow (Treatment 3) under the natural condition around the biogas factory was sampled to analyze soil bulk density, pH, organic matter, total P and total K. The results show that the soil in Treatments 1 and 2 with slurry flow was changed in soil quality. The soil organic matter and total N, total P and total K content were higher and the soil bulk density was lower in Treatments 1 and 2 than in the Treatment 3 (the control). The soil pH changed little among the treatments. The treatments 1 and 2 had obviously higher organic content and total N and total K content but lower total P content than the lateritic soil in the paddy field, which indicates that long term flow of slurry resulted in soil nutrient imbalance due to excessive buildup of soil N and K and deficiency of P.

Key words: slurry flow; soil quality; nutrient imbalance

沼液排放对土壤质量的影响

作者: [蔡茂](#), [余雪标](#), [周卫卫](#), [陈小花](#), [CAI Mao](#), [YU Xuebiao](#), [ZHOU Weiwei](#), [CHEN Xiaohua](#)
作者单位: [蔡茂, 陈小花, CAI Mao, CHEN Xiaohua\(海南大学农学院, 海南海口, 570228\)](#), [余雪标, YU Xuebiao\(海南大学环境与植物保护学院, 海南海口, 570228\)](#), [周卫卫, ZHOU Weiwei\(海南罗牛山能源环保公司, 海南海口, 571000\)](#)
刊名: [热带生物学报](#)
英文刊名: [Journal of Tropical Biology](#)
年, 卷(期): 2014, 5(1)

参考文献(26条)

1. [张无敌;尹芳;李建昌](#) 沼液对土壤有机质含量和肥效的影响 2008(06)
2. [倪亮;孙广辉;罗光恩](#) 沼液灌溉对土壤质量的影响 2008(04)
3. [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 2006
4. [陈永杏;董红敏;陶秀萍](#) 猪场沼液灌溉冬小麦对土壤质量的影响 2011(03)
5. [李萍;蒋滔;陈云跃](#) 沼液灌溉对作物生长@土壤质量的影响 2013(04)
6. [吴树彪;崔畅;张笑千](#) 农田施用沼液增产提质效应及水土环境影响 2013(08)
7. [高红莉;郝民杰;赵凤兰](#) 沼肥对土壤和作物的影响研究现状 2009(30)
8. [陈永杏](#) 猪场沼液农用生态环境效应研究 2012
9. [段然;王刚;杨世琦](#) 沼肥对农田土壤的潜在污染分析 2008(03)
10. [黄丹丹;王福山;周斌](#) 猪场沼液施用跟踪监测与生态风险评估 2012
11. [刘伟;武美燕;胡学玉](#) 设施栽培地土壤富营养化及其潜在的环境影响 2011(06)
12. [鲍士旦](#) 土壤农化分析 1981
13. [李志洪;王淑华](#) 土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响 2000(02)
14. [曾迪;魏志远;刘磊](#) 文昌市耕地土壤养分状况分析 2010(02)
15. [海南省农业厅土肥站](#) 海南土壤 1993
16. [熊贵顺](#) 基础土壤学 1996
17. [黄昌勇](#) 土壤学 2000
18. [沙长青;谷军;张晓彦](#) 沼肥对土壤理化性质的影响 2008(06)
19. [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 2007(01)
20. [刘文科;杨其长;王顺清](#) 沼液在蔬菜上的应用及其土壤质量效应 2009(01)
21. [YU W;ZHANG Z;LUO S](#) Study on the characteristics of soil irrigated by biogas slurry in the southwest of China 2013(05)
22. [GARG R N;PATHAK H;DAS D K;TOMAR R K](#) Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil 2005(1/3)
23. [李亚彬;王启龙](#) 长期施用沼肥对土壤养分含量的影响 2011(20)
24. [李生秀](#) 植物营养与肥料学科的现状与展望 1999(03)
25. [周可金;马成泽;宋燕平](#) 过量施用钾肥对花生生长的抑制作用 2001(03)
26. [李志涛;李宏;冯国杰](#) 植物缺素症的诊断与防治 2013(10)

引用本文格式: [蔡茂, 余雪标, 周卫卫, 陈小花, CAI Mao, YU Xuebiao, ZHOU Weiwei, CHEN Xiaohua](#) 沼液排放对土壤质量的影响[期刊论文]-[热带生物学报](#) 2014(1)