

镉污染土壤上施用沼液对生菜生长和土壤质量的影响

刘文科

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081)

摘要: 采用温室盆栽试验的方法研究了在两个镉污染水平土壤上施用沼液对生菜生长和土壤质量的影响。结果表明,生菜对土壤镉污染有一定的耐受性,在 $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 镉处理土壤上可存活生长,但低镉土壤上生菜的地上部鲜干重均高于高镉土壤。沼液施用促进了生菜的生长,但促进作用在施用量为 $5 \text{ ml} \cdot \text{次}^{-1}$ 时最大。高水平镉污染促进了生菜体内硝酸盐的累积,而沼液只在高镉污染土壤上促进了硝酸盐的累积。高镉土壤中硝酸盐含量高于低镉土壤,沼液施用提高了土壤中硝酸盐含量和 EC 值,但只降低了高镉土壤上有效镉含量。该研究表明,沼液降低了镉对生菜的伤害,改变了土壤质量。

关键词: 镉污染土壤; 生菜; 硝酸盐; 有效镉; 沼液

中图分类号: X53; S216.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1166(2010)04-0019-03

Effects of Biogas Slurry on Lettuce Growth and Cd-polluted Soil Quality / LIU Wen-ke / (Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural sciences, Key Lab. for Agro-Environment & Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: Effects of application of biogas slurry on lettuce growth and soil quality of Cd-contaminated soils were investigated by a greenhouse pot culture experiment. The results showed that lettuce had certain tolerance on soil Cd-contamination. Lettuce could survive and grow on two level Cd-contaminated soils (6 mg and 12 mg Cd per kilo of soil). The shoot weight (fresh and dry) was higher for lettuces on low Cd-contaminated soil than high Cd-contaminated soil. Application of biogas slurry enhanced lettuce growth, and highest lettuce biomass was obtained at the application level of 5 mL biogas slurry each time irrespectively of Cd contamination levels. High Cd contamination increased nitrate concentration in lettuce, while biogas slurry application increased the nitrate concentration at high Cd contaminated soil. The results also showed that biogas slurry could reduce availability of Cd in soil, and so reduce the harm to the lettuce root.

Key words: Cadmium-polluted soil; lettuce; nitrate content; available cadmium; biogas slurry

当前,我国菜地土壤环境质量呈下降趋势,重金属污染面积大,对蔬菜的生产及其品质危害严重^[1-2],尤其是实施污灌菜地和大量施用有机肥的土壤。菜地土壤重金属积累不仅影响蔬菜作物生长和农产品的品质,更为重要的是,高浓度土壤重金属积累在蔬菜中^[3],进入食物链并继续传递,危害人类的健康。其中,镉污染就是蔬菜污染的重要形式之一,严重影响蔬菜的生长和产量^[4]。

沼液含有丰富的矿质营养和植物生长所需的有益物质,是很好的蔬菜肥料。沼液已经被用于设施蔬菜生产^[5-7]。研究表明,沼液作为有机肥料,可改善蔬菜品质,降低硝酸盐含量^[6]。此外,沼肥中含有大量的有机物质,有机物质具有的官能团对重金属离子的吸附能力远远超过其他矿质胶体^[8]。

有机质的强力吸附以及腐殖质分解形成的腐殖酸可与土壤中的重金属离子形成络合物,从而降低植物对重金属吸收^[9]。

沼液与土壤重金属的相互作用研究较少,沼液对镉污染土壤上蔬菜生长的影响及其机理有待深入了解,这将为沼液在蔬菜生产中的应用提供科学依据。本试验研究了不同沼液施用水平对镉污染土壤上生菜生长和土壤中有效镉含量的影响。

1 材料与方法

1.1 植物、土壤和沼液

生菜品种为奶油生菜。土壤取自北京市密云县种植业服务中心农业技术推广站蔬菜基地,沙壤土。基本理化性状为:有机质 $10.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH(水土比

收稿日期: 2010-04-06

作者简介: 刘文科(1974-),男,副研究员,主要从事植物营养生理生态方面的研究, E-mail: liuwke@163.com

=2.5:1)7.4,全氮0.062%,Olsen-P 51.2 mg·kg⁻¹,速效钾 102.5 mg·kg⁻¹,硝态氮 52 mg·kg⁻¹。播种前土壤风干、过2 mm筛,混匀备用。土壤中添加的基础肥料包括:硝酸钙(氮浓度 100 mg·kg⁻¹),磷 50 mg·kg⁻¹(磷酸二氢钾),钾 100 mg·kg⁻¹(硫酸钾),硫酸铜 5 mg·kg⁻¹(五水硫酸铜),硫酸亚铁 5 mg·kg⁻¹(七水硫酸亚铁)和硫酸锌 5 mg·kg⁻¹(七水硫酸锌)。沼液取自北京平谷峪口清洁能源产业基地环茂养殖小区,基本理化性状如下:全氮 0.73 g·L⁻¹,全磷 0.028 g·L⁻¹,全钾 0.74 g·L⁻¹,铵态氮 0.7 g·L⁻¹,硝态氮 8.62 mg·L⁻¹,钙 352 mg·L⁻¹,镁 227 mg·L⁻¹,硫酸根 15 mg·L⁻¹,镉 2.25×10⁻⁴ mg·L⁻¹,铁 4.1 mg·L⁻¹,锰 0.48 mg·L⁻¹,铜 0.96 mg·L⁻¹ 锌 3.35 mg·L⁻¹,EC 6.36 和 pH 7.8。

1.2 试验设计

试验在中国农业科学院环发所实验温室进行。试验采用 Cd₃S₃O₁₂·8H₂O,分子量 770,设 2 个镉水平 6 和 12 mg·kg⁻¹ 土壤;即 Cd6 和 Cd12。3 个沼液用量 (0 mL·次⁻¹盆⁻¹,5 mL·次⁻¹盆⁻¹和 10 mL·次⁻¹盆⁻¹),6 个处理,重复 3 次,18 盆。每周浇沼液一次,同时浇水 20 mL。土壤同上,1.0 kg·盆⁻¹,共 18 公斤。2008 年 11 月 22 日装盆,35 天后每隔 3 天浇灌沼液处理,共处理了 8 次,每次用量 5 mL 和 10 mL,总浇灌量分别为 40 mL 和 80 mL 沼液。2009 年 1 月 28 日取样测定。测定指标包括地上部干鲜重、根系干重、地上部硝酸盐含量、土壤 EC、硝酸盐含量和有效镉含量。地上部样品先取 0.5 g 样品测定硝酸盐含量,剩余则烘干称取干重。土壤 EC 测定方法为电导仪法;土壤硝酸盐采用流动分析仪法;土壤有效镉测定采用原子吸收法。

2 结果分析

2.1 镉污染土壤上施用沼液对生菜生长和硝酸盐含量的影响

由表 1 可知,生菜可耐受一定水平的镉污染,能在 6 mg·kg⁻¹和 12 mg·kg⁻¹镉处理土壤上存活生长。但是,低镉土壤上生菜的的各项参数均高于高镉土壤生产的生菜。沼液施用促进了生菜的生长,增加了地上部鲜干重,但促进作用在施用量为 5 mL·次⁻¹时最大。土壤高水平镉污染提高了生菜地上部硝酸盐的含量,而沼液只在高镉污染土壤上增加了生菜地上部硝酸盐的累积。镉污染降低了根系干重,但沼液施加降低了镉对根系生长的危害,增加了根系

生物量。

表 1 生菜生物量及硝酸盐含量

处理		地上部鲜重	地上部干重	根系干重	根冠比	硝酸盐含量
		g	g	g		mg·kg ⁻¹
Cd 6	Z0	2.12bc	0.40ab	0.17ab	0.47b	1184b
	Z5	2.80a	0.50a	0.25a	0.45b	1144b
	Z10	2.61ab	0.51a	0.15ab	0.36b	1273b
Cd12	Z0	1.05c	0.16c	0.08c	0.49b	1479ab
	Z5	1.80c	0.32b	0.13b	0.47b	1811a
	Z10	1.65c	0.32b	0.25a	0.76a	1519ab

注:同一列中,不同字母表示 P<0.05 水平的差异显著性。下同。

2.2 镉污染土壤上施用沼液对土壤 EC、硝酸盐和有效镉含量的影响

由表 2 可知,高镉土壤中硝酸盐含量高于低镉土壤,高水平沼液施用提高了土壤中硝酸盐含量。这可能与沼液中所含的一些硝态氮及有机氮进入土壤并转化有关。此外,沼液中含有的一些大量矿质元素提高了土壤的 EC 值,高水平施用沼液条件下 EC 值最高。在低镉土壤上,沼液对土壤有效镉含量无显著影响。但高镉土壤上 5 mL·次⁻¹的沼液施用量降低了有效镉的含量,而高沼液水平处理却无影响。本试验条件下,土壤有效镉含量取决于生菜吸收和土壤镉转化等因素,5 mL·次⁻¹的沼液施用量可能促进了生菜的镉吸收或土壤镉的钝化,造成了土壤有效镉含量降低。这需要进一步研究。

表 2 土壤硝酸盐含量、EC 值和有效镉含量

处理		硝酸盐含量	EC 值	有效镉含量
		mg·kg ⁻¹		mg·kg ⁻¹
Cd 6	Z0	52.8c	0.32b	4.42c
	Z5	55.5c	0.34ab	4.54c
	Z10	62.7b	0.38a	4.76c
Cd 12	Z0	67.5b	0.31b	9.72a
	Z5	61.3b	0.33b	8.73b
	Z10	78.9a	0.39a	9.46a

3 讨论

已有报道表明,高镉污染降低作物生长量^[4,8],本试验结果也发现镉污染抑制了生菜的生长。研究表明,沼液可降低镉污染的危害,并可提高土壤质量。沼液降低土壤镉危害的机理可能是以下几种途径:1)沼液含有的养分促进了生菜的生长发育,稀释作用降低了植物体内镉的浓度和危害;2)沼液

(下转第 30 页)

沼气贮气膜材料的检测指标应根据膜材料的不同用途而制定不同的标准限值,例如对于双膜沼气贮气膜材料中的外膜,其抗拉强度指标应高于内膜的抗拉强度指标。因而,对于贮气膜材料的各检测指标的标准限值的确定,还需做大量的研究工作。

4 沼气贮气膜的发展与展望

近年来,出现了诸如 PVDF/TPU/PE, TiO₂/PVC/PE 等新型织物纤维膜材料,这些膜材料均具有较好的力学性能以及优越的气密性能,但由于生产成本较高,目前还未被应用于沼气贮气膜材料领域。随着我国精细化工工业的进一步发展,将会实现膜材料生产原料国产化,从而使膜材料的生产成本降低,使得更多的膜材料被广泛应用于沼气贮气膜领域。

目前,沼气贮气膜大规模的使用刚刚开始,针对沼气贮气膜材料的产品性能标准以及试验测试标准的建立成为亟待解决的问题。对于沼气贮气膜材料性能的研究需综合结构、材料、测试等各学科的综合型研究,目前国内相关院校及企业已开展此方面的基础性试验研究,并着手建立统一的贮气膜材料产品性能及测试标准,从而规范并促进沼气贮气膜材料行业的健康发展。随着沼气工程建设的快速发展,我国在沼气贮气膜方面的应用会越来越多,这也

会进一步促进贮气膜材料的研究和开发。

参考文献:

- [1] 林聪,王久臣,周长吉. 沼气技术理论与工程[M]. 北京:化学工业出版社,2007.1-6.
 - [2] 于颖,王宏燕,周东兴. 畜禽粪便的资源化利用[J]. 东北农业大学学报,2009,40(8):140-144.
 - [3] 占义清. 秸秆作为沼气发酵原料应用新技术[J]. 可再生能源,2007,25(4):50-54.
 - [4] 要玲. 城市垃圾厌氧消化技术的研究进展[J]. 河北化工,2009,32(12):74-76.
 - [5] 康晓鸥,王世和. 城市污水处理厂污泥沼气资源化利用[J]. 中国沼气,2009,27(2):35-37.
 - [6] 赵立欣,董保成,田宜水. 大中型沼气工程技术[M]. 北京:化学工业出版社,2008:87-89.
 - [7] 章辉. 膜结构建筑用纺织材料的性能评价研究[D]. 天津:天津工业大学,2007.
 - [8] 苏远,张目清,赵江,等. 塑料包材透气性能测试研究——压差对透气性能的影响[J]. 塑料包装,2008,18(1):31-35.
 - [9] GB/T 1038-2000. 塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法——压差法[S].
 - [10] ISO 2556. Plastics - Determination of the gas transmission rate of films and thin sheets under atmospheric pressure - Manometric method[S].
 - [11] 沈伟. 抗芯吸涤纶工业长丝的研制[J]. 石油化工技术经济,2007,23(5):36-38.
- (上接第20页)
- 中的有机物质降低了土壤中镉的有效性,从而减轻了对根系的危害。
- 沼液在蔬菜生产中的应用可充分发挥沼液内含组分的生理生态功能,促进生长,提高抗病性和抗逆境能力。在镉污染土壤上施用沼液可促进作物生长,从而加速土壤质量的修复进程,具有重要的经济和环境效益。
- 参考文献:
- [1] 魏秀国,何江,陈俊坚. 杭州市蔬菜地土壤重金属污染状况调查及评价[J]. 土壤与环境,2002,11(3):252-254.
 - [2] 李静,谢正苗,徐建明. 杭州市郊蔬菜地土壤重金属环境质量评价[J]. 生态环境,2003,12(3):277-280.
 - [3] 王芳,杨勇,张燕,李花粉. 不同蔬菜对镉吸收累积及亚细胞分布[J]. 农业环境科学学报,2009,28(1):44-48.
 - [4] 王浩,顾国平,施彩仙,章明奎. 土壤铅、镉污染对小白菜生长与积累的影响[J]. 浙江农业科学,2009,2:398-400.
 - [5] 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,2009,27(1):43-46.
 - [6] Liu W K, Du L F, Yang Q C. Biogas slurry added amino acid decrease nitrate concentrations of lettuce in sand culture[J]. Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science, 2009, 59, 260-264.
 - [7] Liu W K, Yang Q C, Du L F. Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China; feasibility and benefit analysis[J]. Renewable Agriculture and Food Systems, 2009, 24, 300-307.
 - [8] 华路. 有机肥对土壤中重金属含量的影响[J]. 农业环境保护,1998,17(2):55-59.
 - [9] 艾天,刘庆玉,李金洋,陈道华. 沼肥对生菜中重金属含量的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(16):4890-4986.
 - [10] 李勇,黄占斌,王文祥. 重金属铅镉对玉米生长及土壤微生物的影响[J]. 农业环境科学学报,2009,28(11):2241-2245.

镉污染土壤上施用沼液对生菜生长和土壤质量的影响

作者: [刘文科](#), [LIU Wen-ke](#)
作者单位: [中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京, 100081](#)
刊名: [中国沼气](#) **ISTIC**
英文刊名: [CHINA BIOGAS](#)
年, 卷(期): 2010, 28(4)
被引用次数: 1次

参考文献(10条)

1. [魏秀国;何江;陈俊坚](#) 杭州市蔬菜地土壤重金属污染状况调查及评价[期刊论文]-[土壤与环境](#) 2002(03)
2. [李静;谢正苗;徐建明](#) 杭州市郊蔬菜地土壤重金属环境质量评价[期刊论文]-[生态环境](#) 2003(03)
3. [王芳;杨勇;张燕;李花粉](#) 不同蔬菜对镉吸收累积及亚细胞分布[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2009(01)
4. [王浩;顾国平;施彩仙;章明奎](#) 土壤铅、镉污染对小白菜生长与积累的影响[期刊论文]-[浙江农业科学](#) 2009(2)
5. [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[期刊论文]-[中国沼气](#) 2009(01)
6. [Liu W K;Du L F;Yang Q C](#) Biogas slurry added amino acid decrease nitrate concentrations of lettuce in sand culture 2009
7. [Liu W K;Yang Q C;Du L F](#) Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China:feasibility and benefit analysis[外文期刊] 2009
8. [华珞](#) 有机肥对土壤中重金属含量的影响 1998(02)
9. [艾天;刘庆玉;李金洋;陈道华](#) 沼肥对生菜中重金属含量的影响[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2007(16)
10. [李勇;黄占斌;王文萍](#) 重金属铅镉对玉米生长及土壤微生物的影响[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2009(11)

本文读者也读过(10条)

1. [李彦超;廖新倮;林东教;吴银宝](#). [LI Yan-chao. LIAO Xin-di. LIN Dong-jiao. WU Yin-bao](#) 不同沼液灌溉强度对土壤和渗滤液的影响[期刊论文]-[家畜生态学报](#)2009, 30(4)
2. [张无敌;尹芳;李建昌;刘士清;陈玉保;许玲;毛羽](#). [ZHANG Wu-di. YIN Fang. LI Jian-chang. LIU Shi-qing. CHEN Yu-bao. XU Ling. MAO Yu](#) 沼液对土壤有机质含量和肥效的影响[期刊论文]-[可再生能源](#)2008, 26(6)
3. [王宗寿](#). [WANG Zong-shou](#) 利用沼液种植黑麦草对土壤环境质量的影响[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2007, 26(z1)
4. [王永翠;曹社会;初雷;路阳;张冯峰;侯金星](#). [WANG Yongcui. CAO Shehui. CHU Lei. LU Yang. ZHANG Fengfeng. HOU Jinxing](#) 沼液与氮肥不同配比对青贮玉米干物质积累量和土壤肥力指标的影响[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2010, 19(9)
5. [樊文华;刘晋峰;王志伟;单江艳](#) 施用沼肥对温室土壤养分和重金属含量的影响[会议论文]-2009
6. [覃舟;QIN Zhou](#) 施用沼液对紫甘蓝产量、营养品质及土壤质量的影响[期刊论文]-[江西农业学报](#)2009, 21(7)
7. [李雨蓉](#) 沼肥对玉米增产及土壤改良效果试验[期刊论文]-[现代农业科技](#)2009(8)
8. [沙长青;谷军;张晓彦;SHA Chang-qing. GU Jun. ZHANG Xiao-yan](#) 沼肥对土壤理化性质的影响[期刊论文]-[生物技术](#)2008, 18(6)
9. [董育萍;俸强;DONG Yu-ping. FENG Qing](#) 沼气净化技术处理农村中小学公厕污水工艺探讨[期刊论文]-[中国沼气](#) 2010, 28(4)
10. [孙雅丽](#) 沼液无土栽培氨污染控制实验研究[学位论文]2010

引证文献(1条)

1. [李海](#), [马艳](#), [常志州](#), [殷蒙](#), [张世敏](#) [沼液对草莓土传病害的盆栽防效与沼液中拮抗细菌筛选](#) [期刊论文] - [江苏农业科学](#) 2011(2)

引用本文格式: [刘文科](#), [LIU Wen-ke](#) [镉污染土壤上施用沼液对生菜生长和土壤质量的影响](#) [期刊论文] - [中国沼气](#) 2010(4)