

## 施用沼肥对温室土壤养分和重金属含量的影响

樊文华, 刘晋峰, 王志伟, 单江艳

(山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030801)

**摘要:**为了研究施用沼肥对土壤养分和土壤环境的影响,采取随机区组设计,分析了施用沼液、化肥对温室黄瓜不同生育期土壤中全氮、有效磷、速效钾、有机质以及重金属镉、铅、汞、铬、镍、砷的含量。试验结果表明:在黄瓜不同的生长时期,沼液的施用可以提高土壤中氮、磷、钾及有机质的含量,沼液在提高土壤有机质含量方面的效果优于施用化肥。在黄瓜采收期,施用化肥和施用沼液均使土壤中的砷的含量有所下降,而土壤镉、铅、汞的含量呈现出随沼液的施入量的增加而有所增加,但变化不明显,对铬、镍含量影响不大,重金属元素含量均没有超过土壤环境质量标准的限值,不会对植物产生毒害作用。

**关键词:**沼液;土壤养分;重金属

**中图分类号:**X712;S145.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-8151(2011)01-0001-04

### Effects of Biogas Fertilizer on the Contents of Nutrients and Heavy Metal Elements in Soil of Greenhouse

FAN Wen-hua, LIU Jin-feng, WANG Zhi-wei, SHAN Jiang-yan

(College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu Shanxi 030801, China)

**Abstract:**In order to study the effects of biogas fertilizer on the contents of nutrients and heavy metal elements in soil of greenhouse, a field experiment was carried out to research the effects of biogas fertilizer and chemical fertilizer on the contents of total N, available P, available K, organic matter, As, Hg, Cd, Pb, Cr and Ni in soil of greenhouse. The results showed that the contents of soil total nitrogen, available phosphorus, available potassium and organic matter were increased by applying biogas fermentation residue in different growing period of cucumber. Application of liquid biogas fertilizer had better benefit on improving soil organic matter than chemical fertilizer. In the cucumber harvest period, application of fertilizers and biogas slurry could decrease the content of As. Application of biogas fertilizer could slightly increase the content of cadmium, lead, mercury in soil and had no obvious effect on the content of Cr and Ni. The contents of heavy metal elements were lower than the soil environment quantity first class standard and was no harmful to plant.

**Key words:** Biogas fermentation residue; Soil nutrient; Heavy metal element

农村户用沼气池的建设及综合利用的开展,不仅可以解决农村能源问题,而且还可以保护和改善农村生态环境和农村卫生面貌,实现生态农业系统中物质和能量的良性循环,是合理持续地开发和利用自然资源的有效途径。沼肥作为沼气发酵残留物,是一种养分含量全面的优质有机肥料。现有报道表明,沼液、沼渣不仅能显著地改善土壤环境、有效地调节土壤中的水、肥、气、热,促进土壤生态环

境良性循环<sup>[1]</sup>,而且可以提高作物产量,改善产品质量<sup>[2,3]</sup>。施用一定量的沼肥或沼肥与化肥配施均比单施化肥可以提高土壤全氮和有机质的含量,同时也可以提高土壤全磷含量,改善土壤生物学特性<sup>[4~7]</sup>,常作为沼气生态农业综合评价的指标<sup>[8]</sup>。由于大量饲料添加剂的使用,畜禽粪便的化学组成较传统畜禽排泄物发生了较大的改变。虽然残留有重金属等添加剂的畜禽粪便在农作中可能对农

收稿日期:2010-05-28

修回日期:2010-06-30

作者简介:樊文华(1962-),男(汉),河北井陘人,教授,主要从事土壤生态和肥力等方面的研究。

基金项目:利用亚行贷款中国农村生态能源建设环境监测评估项目资助(2007-2009)

田土壤质量造成的影响已引起了一些学者的关注<sup>[9]</sup>,但沼液、沼渣的施用对土壤重金属含量的影响研究较少。本文就施用沼液对温室土壤养分和重金属镉、铅、汞、铬、镍、砷含量的影响进行研究,以期对沼肥的合理利用提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验于2007年10月~2008年3月在山西省祁县晓义村温室大棚进行,大棚室长55 m,宽10 m,土壤属石灰性褐土,试验土壤基本性状为:有机质含量 $11.95 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全氮 $0.752 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 有效磷 $98.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $108.48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,As $3.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,Cd $0.0665 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,Pb $16.95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,Hg $0.067 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,Cr $49.917 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,Ni $31.885 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。供试作物为黄瓜(*Cucumis sativus* L),品种为祥云瓜王,由晓义村大棚农户提供。

本试验共设6个处理:

1)空白处理(CK);

2)施化肥处理(Z-1):在黄瓜苗期、开花期、采收期分别施用磷酸二铵 $28 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ;

3)沼液处理(Z-2):在黄瓜苗期和开花期,分别施用沼液 $0.75 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ,在采收期施用沼液 $4.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ;

4)沼液处理(Z-3):在黄瓜苗期和开花期,分别施用沼液 $1.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ,在采收期,施用沼液 $4.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ;

5)沼液处理(Z-4):在黄瓜苗期和花期,分别施沼液 $3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ,在采收期施沼液 $4.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ;

6)沼液处理(Z-5):在黄瓜苗期、开花期和采收期分别施用沼液 $4.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

所有处理均施用 $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 的牛粪做底肥。

在黄瓜不同生长时期,空白处理(CK)不再施肥。随机排列,重复3次。小区面积为 $4 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$ ,3片叶子时定植,共120株。处理Z-1中施入化肥的氮与处理Z-5相同。2007年10月27日播种,按当地农民播种习惯进行播种。由于天气原因于11月24日进行移栽,黄瓜移栽后,CK和Z-1用清水灌溉,灌水量与平时灌水量相同。其余各个处理依据试验设计进行不同浓度的沼液灌溉。其它栽培管理措施各处理相同。

供试沼液采自山西省祁县晓义村蔬菜大棚沼气池,发酵原料以猪牛粪尿为主。沼液基本养分含量如下:全氮 $1.123 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,全磷 $0.659 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,全钾 $1.232 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,As $0.47 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,Cd未检出,Ni $0.003 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,Pb $0.987 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,Hg $0.00146 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,Cr $1.058 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。2007年9月22日,采集原始土壤样品,分别在黄瓜的苗期(2007年12月15日)、开花期(2008年1月14日)和采收期(2008年2月24日)对温室大棚内耕作层土壤进行多点采样,经过混合、风干、过筛后用于测定。

### 1.2 测定项目和分析方法

土壤全氮、有效磷、速效钾、有机质以及土壤中Pb、Cd、Ni、Cr、Hg的测定按文献[10]的方法。土壤As:二乙基二硫代氨基甲酸银比色法<sup>[11]</sup>。

### 1.3 结果处理

试验结果采用DPS和Excel软件进行统计分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 沼液对黄瓜不同生长期土壤养分含量的影响

#### 2.1.1 沼液对黄瓜苗期土壤养分含量的影响

不同浓度沼液对黄瓜苗期土壤养分含量的影响见表1。

表1 不同浓度沼液对黄瓜苗期土壤养分含量的影响

Table 1 Effects of biogas slurry on the contents of soil nutrients in cucumber seedling period

处理 Treatment	全氮/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Total N/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	有效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Available P/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	速效钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Available K/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	有机质/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Organic matter/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
CK	0.775 b	177.651 f	126.72 f	13.04 c
Z-1	1.083 a	269.991 a	176.94 e	13.07 c
Z-2	1.049 a	216.271 e	195.58 d	13.12 c
Z-3	1.052 a	249.291 c	240.08 c	14.36 b
Z-4	1.065 a	237.921 d	284.48 b	14.58 b
Z-5	1.081 a	260.511 b	295.82 a	17.24 a

注:同一列中,带有不同字母的处理之间差异达显著水平( $\alpha=0.05$ )。下同。

Note: The difference between treatments with different letters significant in same column( $\alpha=0.05$ ). Same as follows.

由表 1 可看出,在黄瓜生长苗期,各个施肥处理的土壤全氮、有效磷、速效钾均比对照有所增加,说明施用沼液能够提高土壤养分的含量。这主要是由于沼液中所含的生物活性物质进入土壤,有助于分解和释放有效养分,把有机养分转化成作物吸收利用的营养元素。施用化肥和低量的沼液,对有机质影响不明显,而在沼液高施用量时,可以明显提高土壤中有有机质含量。由于化肥的肥效释放比较快,在全氮方面,不同的处理下的差异不是很明显。对于有效磷和速效钾而言,各施肥处理均比空白提高。在等氮的水平下,处理 Z-5 比施用化肥的处理 Z-1 有效磷含量减少了 3.51%,而速效钾含量增加了 67.2%,差异显著。在有机质方面,施用沼液的处理 Z-3、Z-4、Z-5 比施用化肥的处理 Z-1 分别提高了 9.8%、11.5%、31.9%,差异显著。但处理 Z-3 和处理 Z-4 土壤有机质含量相当,差异不明显。

### 2.1.2 沼液对黄瓜开花期土壤养分含量的影响

不同浓度沼液对黄瓜开花期土壤养分的影响见表 2。

表 2 不同浓度沼液对黄瓜开花期土壤养分的影响

Table 2 Effects of biogas slurry on the contents of soil nutrients in cucumber flowering period

处理 Treatment	全氮/g·kg <sup>-1</sup> Total N/g·kg <sup>-1</sup>	有效磷/mg·kg <sup>-1</sup> Available P/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup> Available K/mg·kg <sup>-1</sup>	有机质/g·kg <sup>-1</sup> Organic matter/g·kg <sup>-1</sup>
CK	0.88 d	94.61 f	138.68 f	12.06 f
Z-1	1.26 b	249.51 a	160.02 e	14.00 d
Z-2	1.13 c	119.72 e	206.25 d	13.31 e
Z-3	1.20 bc	152.55 d	259.59 c	16.04 c
Z-4	1.25 b	173.79 c	312.93 b	17.64 b
Z-5	1.39 a	208.55 b	337.39 a	19.00 a

### 2.1.3 沼液对黄瓜采收期土壤养分含量的影响 见表 3。

不同浓度沼液对黄瓜采收期土壤养分的影响

表 3 不同浓度沼液对黄瓜采收期土壤养分的影响

Table 3 Effects of biogas slurry on the contents of soil nutrients in cucumber harvesting period

处理 Treatment	全氮/g·kg <sup>-1</sup> Total N/g·kg <sup>-1</sup>	有效磷/mg·kg <sup>-1</sup> Available P/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup> Available K/mg·kg <sup>-1</sup>	有机质/g·kg <sup>-1</sup> Organic matter/g·kg <sup>-1</sup>
CK	1.05 b	68.55 f	62.67 d	13.19 e
Z-1	1.37 a	165.10 a	106.68 b	20.22 c
Z-2	0.79 d	100.10 e	98.90 c	18.18 d
Z-3	0.90 bc	116.68 d	106.68 b	22.43 b
Z-4	1.03 b	121.65 c	145.36 a	22.37 b
Z-5	1.39 a	148.69 b	167.13 a	43.91 a

由表 3 可以看出,在黄瓜采收期,全氮方面,施用化肥的处理 Z-1 和施用沼液的处理 Z-5 土壤全氮含量比较高。它们都相对于空白处理 CK 达到显著水平。处理 Z-5 与处理 Z-1 相比,它们之间的差异不显著。各施肥处理土壤有效磷、速效钾和有

机质的含量均比空白处理 CK 有所升高。总体看三个生理时期的土壤全氮含量,开花期的含量均比苗期和采收时期的含量高,而速效养分采收期的含量较苗期和开花期低,开花期与苗期含量相当,这主要与植物吸收有关。土壤有机质方

面,随着沼液的施入,有机质在不同时期呈现这样的变化趋势:采收期>开花期>苗期,主要是由于沼液中的有机质补充到土壤中,从而提高了土壤有机质的含量。但从变化幅度来看,化肥处理下的土壤有机质含量要低于沼液处理。我们可以得出结论,施沼液对提高土壤有机质含量方面优于施用化肥。

## 2.2 沼液对土壤重金属含量的影响

由表4可以看出,土壤中的砷含量在沼液施入后,并没有发生很大的变化,并且随着沼液量的增加呈递减趋势。在等氮水平下,Z-5比Z-1降低了25.7%,差异显著。土壤中的镉、铅、汞的含量虽然

随着沼液施用量的增加而增加,但均没有超过土壤环境质量的限定值。等氮水平的两个处理Z-5和Z-1之间铅和汞的含量差异不显著。铬和镍的含量均是化肥处理的最高,比等氮水平下的沼液处理分别提高了2.3%和6.8%,差异显著。随着沼液施用量的增加,土壤中铬和镍的含量在增加,但均小于空白处理,没有超过土壤环境质量标准值。由此我们可以得出结论:土壤中施用沼液后,对土壤中重金属的影响很小,不会对植物产生毒害作用。

表4 沼液对黄瓜采收期土壤砷、镉、铅、汞、铬、镍含量的影响

Table 4 Effects of biogas slurry on the contents of As, Cd, Pb, Hg, Cr, Ni in soil of cucumber harvesting period

处理 Treatment	砷/mg·kg <sup>-1</sup> As/mg·kg <sup>-1</sup>	镉/mg·kg <sup>-1</sup> Cd/mg·kg <sup>-1</sup>	铅/mg·kg <sup>-1</sup> Pb/mg·kg <sup>-1</sup>	汞/mg·kg <sup>-1</sup> Hg/mg·kg <sup>-1</sup>	铬/mg·kg <sup>-1</sup> Cr/mg·kg <sup>-1</sup>	镍/mg·kg <sup>-1</sup> Ni/mg·kg <sup>-1</sup>
CK	1.726 b	0.040 c	16.00 c	0.020 b	41.60 b	30.05 b
Z-1	1.835 a	0.044 a	18.50 a	0.038 a	41.95 a	33.55 a
Z-2	1.892 a	0.058 ab	15.50 d	0.014 c	36.70 c	25.20 d
Z-3	1.727 b	0.074 a	16.00 c	0.026 b	37.10 c	28.00 c
Z-4	1.098 d	0.069 a	17.50 ab	0.032 ab	40.80 b	27.05 c
Z-5	1.363 c	0.046 bc	17.00 ab	0.036 a	41.00 b	31.40 b

## 3 讨论

在这里我们只是分析了耕作层(0~20 cm)土壤中养分和重金属元素的含量,而且也只是一年的结果。由于沼气的主要原料是畜禽粪便,由于大量饲料添加剂的使用,畜禽粪便的化学组成较传统畜禽排泄物发生了较大的改变。沼气的不断利用也就决定了沼肥的不断施用,因此还应该做长期的试验,研究长期施用沼肥对土壤重金属含量的影响。另外还要分析黄瓜中和深层土壤中重金属元素的含量,这样才能更好地了解沼液施用对土壤和作物的影响,为沼液的合理利用提供更科学的依据。

## 4 结论

在黄瓜不同的生长时期,随着沼液施用量的增加,土壤中全氮、速效磷、有效钾、有机质都呈现上升的趋势。沼液在提高土壤有机质含量方面的效果优于施用化肥。

在黄瓜采收期,施用化肥和施用沼液均使土壤中的砷的含量有所下降,而土壤镉、铅、汞的含量随着沼液施入量的增加而增加,但变化不明显,铬、镍含量影响不大。施用沼液后,对温室土壤中重金属元素含量影响很小,均没有超过土壤环境质量一级标准的限定值,不会对植物产生毒害作用。

## 参 考 文 献

- [1]全国农业技术推广服务中心.中国有机肥料资源[M].北京:中国农业出版社,1999:102-119.
- [2]李全.沼液的改土作用及其对稻麦产量和品质影响的研究[J].中国沼气,1992,10(1):7-17.
- [3]王琪,刘雪颖,王玉国.沼肥对日光温室黄瓜施用效果的研究[J].吉林农业大学学报,1998,20(3):75-77.
- [4]李泽碧,王正银,李清荣,等.沼液、沼渣与化肥配施对茼蒿产量和品质的影响[J].中国沼气,2006,24(1):27-30.
- [5]梁国庆,林葆,林继雄,等.长期施肥对石灰性潮土氮素形态的影响[J].植物营养与肥料学报,2000,6(1):3-10.
- [6]李铁,张玉龙,宋春萍,等.施用沼肥对保护地蔬菜栽培土壤理化性质的影响[J].中国沼气,2006,24(4):17-19.
- [7]徐福利,梁银丽,张成娥.施肥对温室黄瓜生长和土壤生物学特性的研究[J].应用生态学报,2004,15(7):1227-1230.
- [8]陈豫,杨改河,冯永忠,等.沼气生态农业模式综合评价[J].农业工程学报,2010,26(2):274-279.
- [9]刘荣乐,李书田,王秀斌,等.我国商品有机肥料和有机废弃物中重金属含量状况与分析[J].农业环境科学学报,2005,24(2):392-397.
- [10]鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,2000(3):31-34,44-49,81-82,106-107,370-393.
- [11]鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999:55-59.

(编辑:马荣博)

# 施用沼肥对温室土壤养分和重金属含量的影响

作者: [樊文华](#), [刘晋峰](#), [王志伟](#), [单江艳](#), [FAN Wen-hua](#), [LIU Jin-feng](#), [WANG Zhi-wei](#),  
[SHAN Jiang-yan](#)  
作者单位: [山西农业大学资源环境学院, 山西太谷, 030801](#)  
刊名: [山西农业大学学报\(自然科学版\)](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF SHANXI AGRICULTURAL UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)  
年, 卷(期): 2011, 31(1)  
被引用次数: 5次

## 参考文献(11条)

1. 全国农业技术推广服务中心. [中国有机肥料资源](#) 1999
2. [李全](#) 沼渣的改土作用及其对稻麦产量和品质影响的研究[期刊论文]-[中国沼气](#) 1992(01)
3. [王琪](#); [刘雪颖](#); [王玉国](#) 沼肥对日光温室黄瓜施用效果的研究 1998(03)
4. [李泽碧](#); [王正银](#); [李清荣](#) 沼液、沼渣与化肥配施对莴笋产量和品质的影响[期刊论文]-[中国沼气](#) 2006(01)
5. [梁国庆](#); [林葆](#); [林继雄](#) 长期施肥对石灰性潮土氮素形态的影响[期刊论文]-[植物营养与肥料学报](#) 2000(01)
6. [李轶](#); [张玉龙](#); [宋春萍](#) 施用沼肥对保护地蔬菜栽培土壤理化性质的影响[期刊论文]-[中国沼气](#) 2006(04)
7. [徐福利](#); [梁银丽](#); [张成娥](#) 施肥对温室黄瓜生长和土壤生物学特性的研究[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004(07)
8. [陈豫](#); [杨改河](#); [冯永忠](#) 沼气生态农业模式综合评价[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2010(02)
9. [刘荣乐](#); [李书田](#); [王秀斌](#) 我国商品有机肥料和有机废弃物中重金属含量状况与分析[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2005(02)
10. [鲍士旦](#) [土壤农化分析](#) 2000
11. [鲁如坤](#) [土壤农业化学分析方法](#) 1999

## 引证文献(5条)

1. [江忠远](#), [胡明华](#), [敖克厚](#), [魏镜旭](#), [罗砚文](#) 温控湿法消解-火焰原子吸收光谱测定沼液中矿质元素[期刊论文]-[湖北农业科学](#) 2013(12)
2. [高智席](#), [吴艳红](#), [赵华俊](#), [牟青松](#), [周光明](#), [罗砚文](#), [刘远大](#) 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定沼液中重金属元素[期刊论文]-[西南大学学报\(自然科学版\)](#) 2013(1)
3. [曲明山](#), [郭宁](#), [刘自飞](#), [王一帆](#), [赵国龙](#), [金曼](#), [陈清](#) 京郊大中型沼气工程沼液养分及重金属含量分析[期刊论文]-[中国沼气](#) 2013(4)
4. [张继方](#), [袁海荣](#), [邹德勋](#), [刘研萍](#) 沼液养分和重金属农用安全风险分析[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2012(19)
5. [刘研萍](#), [张继方](#), [邹德勋](#), [袁海荣](#), [李秀金](#) 沼液养分和重金属农用安全风险分析[期刊论文]-[农业科学与技术: 英文版](#) 2012(5)

引用本文格式: [樊文华](#), [刘晋峰](#), [王志伟](#), [单江艳](#), [FAN Wen-hua](#), [LIU Jin-feng](#), [WANG Zhi-wei](#), [SHAN Jiang-yan](#) 施用沼肥对温室土壤养分和重金属含量的影响[期刊论文]-[山西农业大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(1)