

doi:10.11937/bfyy.20171577

沼渣施肥对豇豆产量和重金属含量及土壤重金属积累的影响

秦文弟, 夏金亮, 蒋湖波, 黄凌志, 徐铁纯, 李金怀

(广西壮族自治区林业科学研究院, 广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西南宁 530002)

摘要:为更好的合理、安全利用沼渣,以豇豆为试材,研究了猪粪、沼渣、猪粪和沼渣混配为底肥对豇豆产量、豇豆可食用部分和土壤重金属积累的影响,其中,设置对照(CK,不施肥),沼渣1(667 m²施1 000 kg沼渣),沼渣2(667 m²施1 500 kg沼渣),沼渣3(667 m²施2 000 kg沼渣),沼渣+猪粪组(667 m²施1 000 kg沼渣+1 000 kg猪粪),猪粪组(667 m²施2 000 kg猪粪)。结果表明:与不施肥相比,各处理产量均比对照显著增加,667 m²对照产量为220.29 kg,而沼渣1、沼渣2、沼渣3、猪粪和猪粪与沼渣混配的产量分别为689.85、921.55、1 062.08、950.54、1 354.91 kg,较对照分别增加213.16%、318.33%、382.13%、331.49%和515.07%。收获后,豇豆可食用部分重金属含量均低于国家标准(GB 2762-2012)规定的含量。土壤中重金属含量是沼渣施用量较大时重金属含量较高,而且有些重金属含量超过了国家限量标准,如施用量大的沼渣3后土壤中的Pb含量为69.902 mg·kg⁻¹,较种植前土壤Pb含量增加385.667%,且其含量超过了国家一级标准35 mg·kg⁻¹,较高沼渣施用量引起了土壤重金属污染风险。

关键词:沼渣;豇豆;产量;重金属

中图分类号:S 643.406⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)03-0125-05

沼渣是人、畜粪便和各种农作物秸秆及农林废弃物和生活垃圾等经沼气厌氧发酵后的固体残余物,其含有丰富的腐殖质等有机物质,以及作物生长所需的氮、磷、钾等大量营养元素和铜、锌、铁等微量营养元素,对提高农产品的产量、品质以及改良土壤理化性状均有积极作用,是重要的有机肥资源^[1-3]。研究表明,蔬菜施用沼渣可减轻病虫害、明显改善蔬菜品质^[4-5]。但沼渣中高含量的有

机物、氮、磷和病原微生物及重金属等进入土壤环境,会造成二次污染和资源浪费^[6-8]。当沼渣施用于蔬菜时,会造成某些重金属在蔬菜和土壤中积累^[7]。豇豆是我国重要的蔬菜作物之一,在我国栽培历史悠久,栽培面积较大,而且其营养价值高,深受人们的喜爱,而有关沼渣在豇豆无公害种植中的应用报道还不多,为此,该试验采用不同质量的沼渣施于土壤后种植豇豆,并对收获的豇豆产量、豇豆可食用部分和种植豇豆后的土壤重金属进行检测,旨在为沼渣在农业上的合理、安全利用提供技术支撑,并为豇豆的高产优质栽培提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验在广西壮族自治区林业科学研究院沼气

第一作者简介:秦文弟(1977-),女,博士,副研究员,现主要从事环境资源利用与环境微生物等研究工作。E-mail: zjqinwd2006@163.com.

基金项目:广西科学研究与技术开发计划资助项目(桂科攻14124004-3-6);广西自然科学基金资助项目(2016GXNSFBA380158);广西优良用材林资源培育重点实验室开放课题资助项目(13-B-04-02);广西优良用材林资源培育重点实验室自主课题资助项目(15-A-04-02)。

收稿日期:2017-07-13

基地进行。供试豇豆品种为“江西之豇 28-2 号”，沼渣由当地农户养殖场沼气池获得并风干后备用；猪粪取自当地某大型养殖场。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设置

试验设以下处理：对照(CK, 不施肥)，沼渣 1(667 m² 施 1 000 kg 沼渣)，沼渣 2(667 m² 施 1 500 kg 沼渣)，沼渣 3(667 m² 施 2 000 kg 沼渣)，沼渣+猪粪(667 m² 施 1 000 kg 沼渣+1 000 kg 猪粪)，猪粪(667 m² 施 2 000 kg 猪粪)。种植豇豆基础土壤、沼渣和猪粪的重金属含量如表 1 所示。

1.2.2 豇豆可食用部分和土壤重金属含量安全评价

根据蔬菜中重金属含量国家相关标准评价沼渣施用后豇豆可食用部分重金属安全情况，其中，蔬菜中 Cu 含量 ≤ 10 mg · kg⁻¹ (鲜质量，GB

15199-1994)^[9]、Zn 含量 ≤ 20 mg · kg⁻¹ (鲜质量，GB 13106-1991)^[10]。另外，国家标准 GB 2762-2012 规定^[11]，蔬菜中 As 含量 ≤ 0.5 mg · kg⁻¹ (鲜质量)、Pb 含量 ≤ 0.2 mg · kg⁻¹ (鲜质量)、Hg 含量 ≤ 0.01 mg · kg⁻¹ (鲜质量)、Cr 含量 ≤ 0.5 mg · kg⁻¹ (鲜质量)、Cd 含量 ≤ 0.05 mg · kg⁻¹ (鲜质量)。参照土壤环境质量标准(GB 15618-2008)^[12]，评价沼渣施用后土壤重金属安全情况。其中，Cu、Zn、As、Pb、Hg、Cr 和 Cd 土壤环境质量标准如表 2 所示。

1.3 项目测定

每组选取长势一致的 5 株苗混合取样后按常规方法测量株高、茎粗、豇豆质量(鲜质量)和豇豆可食用部分重金属含量。各组收获后取 0~20 cm 土样进行重金属含量检测。豇豆可食用部分和土壤重金属含量测定使用 Agilent 7700X ICP-MS 和 AFS-3000 原子荧光分光光度计进行检测。

表 1 基础土壤、沼渣和猪粪重金属含量

Table 1 Heavy metal content of basal soil, biogas residue and pig manure

项目 Items	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cr	Cd
土壤 Soil	22.165	59.785	8.265	<0.040	14.393	31.302	0.053
沼渣 Biogas residue	429.506	3 500.800	12.165	<0.040	8.771	15.880	0.418
猪粪 Pig manure	224.664	3 090.744	1.812	<0.040	2.676	4.805	0.140

表 2 土壤环境质量标准

Table 2 Environmental quality standard for soils

项目 Items	级别 Grade	一级 Grade I	二级 Grade II	三级 Grade III
Cu	≤	35	50	400
Zn	≤	100	200	500
As	≤	15	40	40
Pb	≤	35	250	500
Hg	≤	0.15	0.30	1.50
Cr	≤	90	150	300
Cd	≤	0.2	0.3	1.0

1.4 数据分析

利用 Excel 2010 软件对试验数据进行处理，利用 SPSS 17.0 软件对获得的数据进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对豇豆株高、茎粗和产量的影响

如表 3 所示，施沼渣和施猪粪以及施沼渣+猪粪处理的株高和茎粗均高于 CK，但不同沼渣处理之间和猪粪或沼渣+猪粪处理之间株高和茎

粗无显著差异。而不同沼渣处理之间，以及猪粪或沼渣+猪粪处理之间豇豆产量存在显著差异。各处理产量均比 CK 显著增加，667 m² CK 产量为 220.29 kg，而沼渣 1、沼渣 2、沼渣 3、猪粪和猪粪与沼渣混配的产量分别为 689.85、921.55、1 062.08、950.54、1 354.91 kg，较 CK 分别增加 213.16%、318.33%、382.13%、331.49%、515.07%。而且，沼渣处理的豇豆产量依次为沼渣 3>沼渣 2>沼渣 1，说明随着沼渣施肥量的增加，豇豆产量也随之增加。同时，沼渣+猪粪处理的产量明显高于单施沼渣和猪粪的产量，说明沼

表 3 沼渣施肥对豇豆株高、茎粗和产量的影响

Table 3 Effect of application of biogas residues on plant height, stem length and yield of cowpea

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem length /mm	折合 667 m ² 产量 Equivalent to yield per 667 m ² /kg	较对照增减 Production increased more than control/±%
对照 Control	0.61a	2.06a	220.29a	—
沼渣 1 Group 1 of biogas residues	1.52b	2.97b	689.85b	+213.16
沼渣 2 Group 2 of biogas residues	1.60b	3.00b	921.55c	+318.33
沼渣 3 Group 3 of biogas residues	1.72b	3.43b	1 062.08d	+382.13
猪粪 Group of pig manure	1.74b	3.18b	950.54cd	+331.49
沼渣+猪粪 Group of mixture of biogas residues and pig manure	1.70b	3.21b	1 354.91e	+515.07

注:同列不同小写字母表示差异显著 $P < 0.05$,下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$. The same below.

渣配施其它有机肥能明显提高豇豆产量。由此可见,沼渣在豇豆生产中能作为有机肥单独施用或配施其它有机肥来提高其产量;沼渣在豇豆栽培中能增加其产量,节约其生产成本。

2.2 不同处理下土壤重金属含量的安全评价

由表 2、4 可知,高施用量的沼渣,特别是沼渣 3 施用于土壤导致土壤部分重金属含量超出了一

级标准,如施用量大的沼渣 3 后土壤中的 Pb 含量为 $69.902 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,较种植前土壤 Pb 含量增加 385.667%,且其含量超过了国家一级标准 $35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。较高沼渣施用量引起了土壤重金属污染风险。这造成了重金属在土壤中的积累并引起了土壤重金属污染风险,因此,应严格限定沼渣在土壤中的施用量。

表 4 收获后土壤中的重金属含量及与种植前增减百分比

Table 4 Heavy metal content in soil after harvest of cowpea and increases or decreases of percentage compared with the soil before planting

处理 Treatment	对照 Control	沼渣 1 Group 1 of biogas residues	沼渣 2 Group 2 of biogas residues	沼渣 3 Group 3 of biogas residues	猪粪 Group of pig manure	沼渣+猪粪 Group of mixture of biogas residues and pig manure
Cu	21.696b	27.810b	29.014b	121.562c	15.994a	26.952b
Cu/±%	-2.114	+25.466	+30.901	+448.440	-27.843	+21.598
Zn	55.128a	97.457b	120.943b	440.264c	45.624a	113.841b
Zn/±%	-7.789	+63.013	+102.297	+636.412	-23.686	+90.417
As	6.968a	8.177a	7.482a	33.401b	5.188a	5.117a
As/±%	-15.691	-1.064	-9.475	+304.132	-37.232	-38.093
Hg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040
Hg/±%	—	—	—	—	—	—
Pb	11.964a	16.156a	13.497a	69.902b	10.602a	11.730a
Pb/±%	-16.874	-12.247	-6.225	+385.667	-26.341	-18.505
Cr	22.959b	27.768b	25.329b	103.965c	15.886a	21.370b
Cr/±%	-26.653	-11.289	-19.082	+232.135	-49.251	-31.728
Cd	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040
Cd/±%	—	—	—	—	—	—

2.3 不同处理对豇豆可食用部分重金属含量的影响

由表 5 可知,各处理豇豆可食用部分重金属含量无显著差异。而且,根据蔬菜中重金属含量国家相关标准,各处理豇豆中的重金属含量均在国家标准规定的范围之内,因此,沼渣施用栽培豇豆符合无公害蔬菜生产要求。虽然该研究当季施

用沼渣不会对豇豆造成重金属污染风险,但不排除长期施用沼渣因土壤重金属积累而对豇豆重金属造成潜在污染风险。

3 结论与讨论

试验结果表明,与 CK 相比,以沼渣、猪粪及沼渣+猪粪施肥种植豇豆情况下,各处理产量均

表5 沼渣施肥对豇豆可食部分重金属含量的影响

Table 5 Effect of biogas residues on the heavy metal in the edible cowpea

mg · kg⁻¹

处理 Treatment	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cr	Cd
沼渣 3 Group 3 of biogas residues	1.361a	7.465a	0.063a	<0.010	0.094a	0.262a	<0.040
猪粪 Pig manure	1.176a	8.114a	0.050a	<0.010	0.075a	0.207a	<0.040
沼渣+猪粪 Group of mixture of biogas residues and pig manure	1.030a	6.906a	0.069a	<0.010	0.090a	0.204a	<0.040

有不同程度的增加,且产量均显著高于不施肥的CK。豇豆可食用部分重金属含量低于国家相关标准规定的含量,符合无公害蔬菜生产要求。沼渣的施用,特别是高施用量沼渣的施用导致土壤部分重金属含量超出了一级标准,引起了土壤污染风险。

沼渣的施用,特别是高施用量的沼渣导致土壤部分重金属含量超出了一级标准,引起了土壤污染风险,但武立叶等^[13]的研究表明,沼渣应用于豇豆的种植,收获后土壤重金属含量都在国家标准(GB 15618-2008)规定的土壤一级重金属含量阈值范围内,主要原因可能是该研究中施用的沼渣来自于私人小型养殖场,其沼气发酵原料重金属含量较高,导致其残余物沼渣重金属含量较高。

该研究中施用的猪粪来自于大型养殖场,其自身所含有的重金属含量较低,其施用于豇豆种植收获后土壤重金属含量也都在国家标准(GB 15618-2008)规定的土壤一级重金属含量阈值范围内。但是,过多沼渣或沼渣的长期施用将会造成重金属在土壤中的富集,进而导致农产品污染和威胁人类健康^[14],因此,在沼渣农用过程中必须严格控制好沼渣的用量和沼渣施用的次数,以达到沼渣资源化利用和土壤环境污染控制的双重目的。

该研究中,高施用量的沼渣导致土壤部分重金属含量超出了一级标准,引起了土壤污染风险,但各处理豇豆可食用部分的重金属含量均未超标,主要原因是随着有机肥施用量的增加,重金属在土壤中不断积累,被植物吸收后,沿食物链具有生物放大作用,但发酵后的沼渣中含有大量有机质,有机质具有的官能团对重金属等离子的吸附能力远远超过任何其它矿质胶体,有机质强力吸附大

部分重金属离子,腐殖质分解形成的腐殖酸可与土壤中重金属离子形成络合物,从而达到降低植物对重金属的吸收,各处理豇豆可食用部分重金属含量未超标^[15]。

参考文献

- [1] 胡敏,王成兰,陈其兵,等.沼渣沼液对石羊河流域日光温室辣椒生长及产量的影响[J].中国沼气,2016,34(2):82-85.
- [2] 李金怀,马奎,魏世清.种猪场沼气工程综合利用分析[J].广西林业科学,2007,36(4):211-213.
- [3] 张莉,鲍陈燕,章明奎.利用沼肥培育新增耕地地力的研究[J].土壤通报,2015,46(6):1472-1477.
- [4] 张国斌,程芳,刘红坎.沼液、沼渣在莲藕和芋头种植上的综合利用[J].长江蔬菜,2013(1):40-41.
- [5] 潘军,李化银,张一卉,等.沼气肥在日光温室黄瓜栽培上的应用效果[J].山东农业科学,2013,45(5):82-84.
- [6] 谢景欢,袁巧霞,陈钢,等.施用沼渣的温室土壤氮累积及重金属污染状况研究[J].中国沼气,2010,28(6):16-19.
- [7] 徐秋桐,孔樟良,章明奎.不同有机废弃物改良新复垦耕地的综合评价[J].应用生态学报,2016,27(2):567-576.
- [8] 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.
- [9] 中华人民共和国卫生部.食品中铜限量卫生标准:GB 15199-1994[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [10] 中华人民共和国卫生部.食品中锌限量卫生标准:GB13106-1991[S].北京:中国标准出版社,1992.
- [11] 中华人民共和国卫生部.食品安全国家标准·食品中污染物限量:GB 2762-2012[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [12] 环境保护部.土壤环境质量标准(修订):GB 156182008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [13] 武立叶,石鹏飞,王贵彦,等.猪粪发酵沼液沼渣在豇豆种植中的应用及重金属积累研究[J].作物杂志,2015(6):141-145.
- [14] 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.
- [15] 郑时选,李健.德国沼肥利用的安全性及生态卫生[J].中国沼气,2009,27(2):45-48.

Effects of Biogas Residues on Yield of Cowpea and Heavy Metal Accumulation in Cowpea and Soil

QIN Wendi, XIA Jinliang, JIANG Hubo, HUANG Lingzhi, XU Tiechun, LI Jinhui

(Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Science Research Institute/Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning, Guangxi 530002)

Abstract: To achieve rational and safe use of biogas residue, a field experiment was carried out to study the effects of the biogas residues on the yield of cowpea and heavy metal accumulation in cowpea and soil. Different treatment combinations were set, *i. e.*, control (CK, without applying any fertilizer), group 1 of biogas residues (applying biogas residue at 1 000 kg per 667 m²), group 2 of biogas residues (applying biogas residue at 1 500 kg per 667 m²), group 3 of biogas residues (applying biogas residue at 2 000 kg per 667 m²), group of mixture of biogas residues and pig manure (applying biogas residue at 1 000 kg plus pig manure at 1 000 kg per 667 m²), pig manure (applying pig manure at 2 000 kg per 667 m²). The results showed the yield of each treatment was higher than that of control (CK). The yield were 689.85, 921.55, 1062.08, 950.54, 1354.91 kg per 667 m² for group 1 of biogas residues, group 2 of biogas residue, group 3 of biogas residues, group of pig manure, group of mixture of biogas residues and pig manure, and increased by 213.16%, 318.33%, 382.13%, 331.49% and 515.07% compared with the yield of group of CK (220.29 kg per 667 m²), respectively. After harvest, the heavy metal in the edible cowpea was lower than the value of the National Standards (GB 2762-2012). But the content of some heavy metals in soil were higher and above the range of the National Standards of the soil with higher application amount of biogas residues. The content of Pb was 69.902 mg · kg⁻¹ in soil with application of group 3 of biogas residues, was increased by 385.667% compared with the content before planting, and the content was above the range of the National Primary Standard (35 mg · kg⁻¹) of the soil. Higher application of biogas residues caused rise of heavy metal in soil.

Keywords: biogas residues; cowpea; yield; heavy metal

2018年“三农”工作重点(一)

信息广角

2017年12月29—30日,全国农业工作会议在北京召开。会议以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,总结2017年及过去五年工作,部署2018年重点工作。

一、2017年及过去五年工作总结

(一)农业结构调整扎实推进

籽粒玉米累计调减333.3万hm²,粮改饲面积超过86.7万hm²,生猪养殖进一步向玉米主产区聚集,农产品质量和品牌进一步优化。

(二)农业绿色发展大步迈进

轮作休耕试点面积扩大到80万hm²,化肥农药使用量提前实现零增长,支持96个县整县推进畜禽粪污资源化利用。

(三)农业创新驱动成为新亮点

主要农产品加工转化率超过65%,农业农村电子商务发展进入“快车道”,休闲农业和乡村旅游等新产业新业态蓬勃发展,农业农村“双新双创”迸发新活力。

(四)农村改革取得新突破

积极推进承包地确权登记颁证,已完成确权面积7533.3万hm²,占二轮承包面积的84%。稳妥推进农村集体产权制度改革,先后两轮在129个县开展试点。

(下转138页)