

施用自然有机物料土壤中 Pb 的动态变化

冯娜娜, 吴景贵*, 胡娟, 杨子仪, 陈闯, 赵欣宇

(吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘要: 采用培养试验将树叶、稻糠、秸秆三种自然有机物料与化肥配施, 研究对土壤中 Pb 含量及其形态变化的影响。结果表明: 施入自然有机物料使土壤中 Pb 总量和各形态 Pb 含量增加, 以稻糠增幅最大; 增加了土壤中酸可提取态 Pb 含量和可还原态 Pb 含量, 降低了可氧化态 Pb 含量和残渣态 Pb 含量, 使土壤中 Pb 由生物有效性低的形态向生物有效性高的形态转化, 以稻糠处理转化最大; 土壤有机质和 pH 值表现出逐年下降趋势, 各形态 Pb 含量与有机质的相关性较与 pH 值的相关性显著。

关键词: 自然有机物料; 土壤 Pb; 动态变化

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)01-0064-04

Effect of Application of Natural Organic Material on Dynamic of Pb in Soil

FENG Nana, WU Jinggui*, HU Juan, YANG Ziyi, CHEN Chuang, ZHAO Xinyu

(College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In the culture experiment, tree leaves, rice chaff, crop straw were mixed the fertilizer and applied into soil, their effect on content and form of Pb was studied. The results showed that application of natural organic materials made the total content of Pb and the content of all forms of Pb in soil increased. The increase in rice chaff treatment was the largest. The content of acid extractable of Pb and reducible Pb increased, but oxidation states of Pb and the residual state of Pb reduced. So Pb in soil changed from low bioavailability fraction to high bioavailability fraction. The changes in rice chaff treatment was the largest. The content of organic matter and pH decreased gradually. The relationship between the content of various forms of Pb and organic matter in all treatments was significantly more than the relationship with pH.

Key words: Natural organic material; Pb in soil; Dynamic changes

近年来随着社会经济的快速发展, 土壤重金属污染越来越受到人们的关注^[1]。Pb 是一种毒性长期而且持久的重金属^[2], 土壤 Pb 污染具有隐蔽性、长期性、不可逆性特点^[3], 土壤中过量的 Pb 会对植物、动物和人体产生危害。研究发现, 土壤中重金属的生物活性及环境行为不仅与其总量有关, 更大程度上由重金属在环境中的化学形态决定^[4-6]。而在土壤中施用有机物料会明显改变土壤中重金属元素的形态^[7], 本文吸取以往研究中

的不足, 只在试验初期施肥、不种植作物, 减少其他因素干扰, 研究三种类型有机物料对土壤 Pb 总量及各形态的动态影响。以期对树叶、稻糠、秸秆等有机物料的合理利用, 有机物料对土壤 Pb 总量及形态的影响机理及土壤重金属污染研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为东北黑土, 从吉林农业大学试验田取回后风干, 供培养试验用。供试有机物料为树叶、稻糠、秸秆。供试化肥为尿素、磷酸二铵和氯化钾。供试土壤和有机物料养分含量见表 1。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

收稿日期: 2015-09-25

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAC09B01、2012BAD14B05); 吉林省科技厅重点科技成果转化项目(20130303035NY)

作者简介: 冯娜娜(1988-), 女, 在读硕士, 主要从事农业废弃物处理与资源化研究。

通讯作者: 吴景贵, 男, 教授, E-mail: wujingguiok@163.com

表1 土壤及各有机物料的主要理化性质

供试材料	pH值	有机质(g·kg ⁻¹)	全氮(g·kg ⁻¹)	全磷(g·kg ⁻¹)	全钾(g·kg ⁻¹)	全铅(mg·kg ⁻¹)
土壤	6.76	20.97	1.13	0.87	2.39	28.02
树叶	6.14	371.06	9.91	1.02	4.05	0.72
秸秆	6.42	493.42	8.33	1.12	12.34	0.89
稻糠	6.69	422.45	9.01	1.17	12.66	0.97

试验在吉林农业大学培养厂进行,从2010年5月开始试验,共3年,试验设5个处理,分别为空白、单施化肥、树叶+化肥、稻糠+化肥和秸秆+化肥,每处理3次重复。每盆装烘干土11.47 kg,1.5%烘干土的烘干有机物料,N、P₂O₅、K₂O分别为4.6 g、2.3 g、4.2 g,将肥料与土壤均匀混合后装入盆底有出水孔的盆中自然放置。在装盆时施入畜禽粪肥及化肥,之后3年内不做任何处理,每年5月份进行土壤样品采集,采回的土壤样品经风干、去除杂质后,研磨过2 mm和0.149 mm尼龙筛,分别用于pH值、有机质和土壤Pb含量的测定与分析。

1.2.2 测定指标与方法

pH值、有机质、全氮、全磷、全钾采用常规方

法。Pb总量采用HF-HClO₄-HNO₃进行提取;Pb各形态含量采用改进的BCR连续提取法。

1.2.3 数据分析

采用Excel 2003和DPS数理统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 施入自然有机物料土壤中Pb总量的动态变化

由表2可知,不同处理3年间土壤中Pb总量均表现出同样的规律:稻糠>秸秆>树叶>空白和化肥,稻糠处理较空白处理增幅0.01%~0.71%;3年间各处理Pb总量逐年递减,差异不显著。

表2 不同处理对土壤中Pb总量的影响

mg·kg⁻¹

处理	Pb总量		
	第1年	第2年	第3年
空白	28.0233±0.0039c	27.1429±0.0107c	26.4703±0.0008b
化肥	28.0233±0.0002c	27.1446±0.0004c	26.4720±0.0007b
树叶	28.0271±0.0003c	27.2201±0.0028b	26.4832±0.0120b
稻糠	28.1322±0.0010a	27.3361±0.0043a	26.5006±0.0011a
秸秆	28.1250±0.0042b	27.3241±0.0030a	26.5006±0.0004a

注:表中字母表示同一年份不同处理间的显著性差异(P<0.05)

2.2 施入自然有机物料土壤中各形态Pb的动态变化

重金属形态分析一般认为,酸可提取态和可

还原态为有效态,生物有效性高;可氧化态和残渣态为稳定态,生物有效性低^[8-9]。由图1、图2、图3、图4可知,自然有机物料施入土壤第1年均会

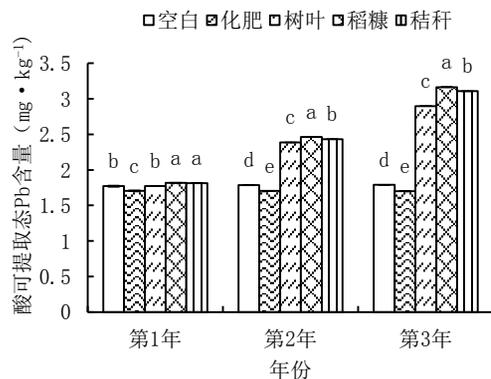


图1 不同处理土壤中Pb酸可提取态的动态变化

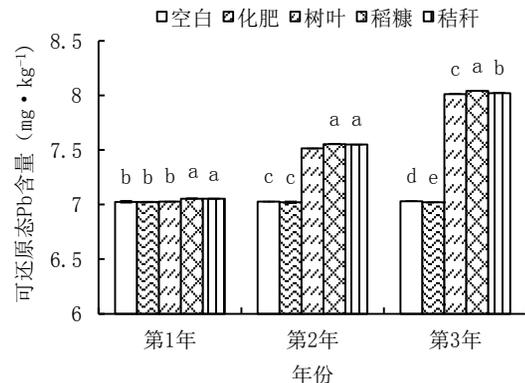


图2 不同处理土壤中Pb可还原态的动态变化

使土壤各形态Pb增加,但随年数的增加各自然有机物料处理中酸可提取态Pb、可还原态Pb增加,可氧化态Pb和残渣态Pb下降,使土壤中Pb由生

物有效性低的残渣态和可氧化态向生物有效性高的酸可提取态和可还原态转化,提高土壤中Pb的活性,其中稻糠处理转化程度最大。

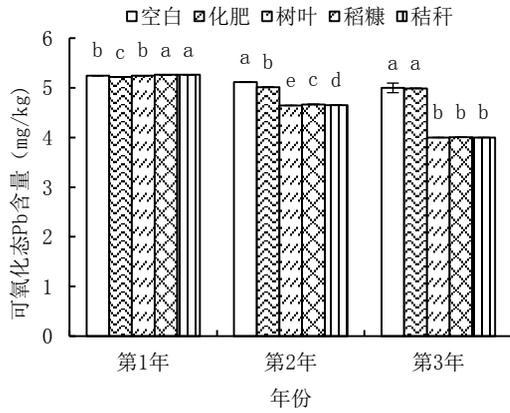


图3 不同处理土壤中Pb可氧化态的动态变化

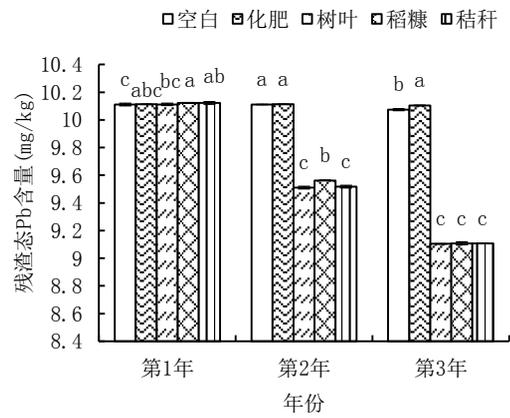


图4 不同处理土壤中Pb残渣态的动态变化

注:图中字母表示各处理差异达到显著性水平($p < 0.05$),下同

2.3 施入自然有机物料土壤中各形态Pb的动态变化与有机质的相关性分析

各处理均表现出有机质逐年降低的趋势,3年中各处理有机质含量表现相同规律:秸秆>稻糠>树叶>空白>化肥(图5)。

由表3可知,除了化肥单施处理的酸可提取态Pb和可还原态Pb与有机质含量呈显著正相关外,其他处理呈显著负相关;空白、树叶、稻糠处理的可氧化态Pb与有机质含量呈显著正相关;树叶、稻糠、秸秆处理的残渣态Pb与有机质含量呈

显著正相关。

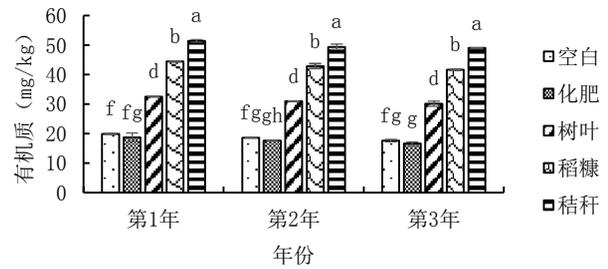


图5 不同处理土壤有机质含量动态变化

表3 有机质与Pb不同形态的相关分析

Pb形态	空白	化肥	树叶	稻糠	秸秆
酸可提取态	-0.9682*	0.9999**	-0.9948**	-0.9966**	-0.931
可还原态	-0.9999**	0.9722*	-0.9879*	-0.9984**	-0.9437
可氧化态	0.9998**	0.9165	0.9865*	0.9961**	0.9329
残余态	0.8782	0.9124	0.9988**	1**	0.9689*

注:各处理样本量48,总样本量为240,*,**分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 的差异显著性水平,下同

2.4 施入自然有机物料土壤中各形态Pb的动态变化与pH值的相关性分析

各处理pH值均表现出逐年降低的趋势,3年中各处理pH值表现出相同规律:空白>树叶>稻糠>秸秆>化肥(图6)。

空白处理的酸可提取态Pb与pH值呈显著负相关,化肥处理的可还原态Pb、可氧化态Pb与pH值呈显著正相关,树叶处理的残渣态Pb与pH值呈显著正相关(表4)。

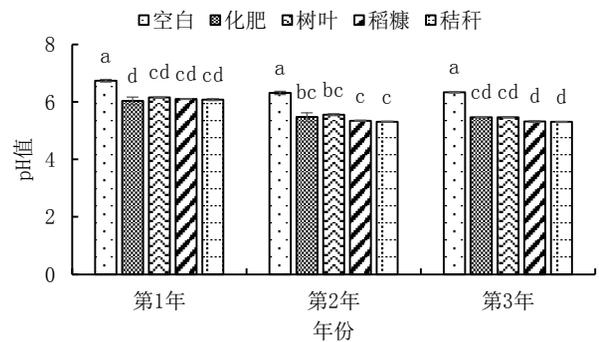


图6 不同处理土壤pH值动态变化

表4 pH值与Pb不同形态的相关分析

	空白	化肥	树叶	稻糠	秸秆
酸可提取态	-0.9701*	0.8904	-0.9414	-0.8783	-0.8649
可还原态	-0.8735	0.9683*	-0.9221	-0.8907	-0.8826
可氧化态	0.8677	0.997**	0.9185	0.8758	0.8676
残余态	0.5431	0.6132	0.9579*	0.9117	0.9201

3 结论与讨论

有机物料在矿化过程中产生CO₂,在腐殖化过程中会产生有机酸,导致土壤的pH值的降低^[10],本文研究也表明,当施入自然有机物料,土壤有机质和pH值表现出逐年下降趋势。大量研究表明,影响重金属形态的主要因素为重金属总量、有机质和pH值^[11-13],pH值降低使土壤有效态Pb含量增加^[14-16],这与本研究结果一致,施入自然有机物料可提高土壤中Pb总量和各形态Pb含量,以稻糠处理增幅最大;可使生物有效性低的铅形态(残渣态和可氧化态)向生物有效性高的铅形态(酸可提取态和可还原态)转化,以稻糠转化最大。本研究施入自然有机物料提高土壤中有有效态Pb的含量,增加了土壤Pb的生物活性和生物毒性,但由于有效态Pb含量在土壤总量中占极少量,因此,本研究施入的自然有机物料对土壤Pb生物毒性的增加不是很严重。

参考文献:

- [1] 李广云,曹永富,等.土壤重金属危害及修复措施[J].山东林业科技,2011(6):96-97.
- [2] Needleman H L. The future challenge of lead toxicity[J].Environ. Health Perspec., 1990(89): 85-89.
- [3] 汪琳琳,方凤满,蒋炳言.中国菜地土壤和蔬菜重金属污染研究进展[J].吉林农业科学,2009,34(2):61-64.
- [4] Impellitteri C A, Saxe J K, Cochran M, et al. Predicting the bio-availability of copper and zinc in soils: Modeling the partitioning of potential bilavailable copper and zinc from solid to soil solution[J].Environmental Toxicology and Chemistry, 2003, 22(6): 1380-1386.
- [5] Fernandez A J, Ternero M, Barragan F J, et al. An approach to characterization of sources of urban airborne particles through heavy metal speciation[J].Chemosphere-Global Change Science, 2000(2): 123-136.
- [6] Sastre J, Hernandez E, Rodriguez R, et al. Use of sorption and extraction tests to predict the dynamics of the interaction of trace elements in agricultural soils contaminated by a mine tailing accident[J].Science of the Total Environment, 2004, 32(9): 261-281.
- [7] 邵孝候,胡霁堂,秦怀英,等.添加石灰、有机物料对酸性土壤镉活性的影响[J].南京农业大学学报,1993,16(2):47-52.
- [8] Maiz I, Esnaola M V, Millin E. Evaluation of heavy metal availability in contaminated soils by a short sequential extraction procedure[J].Science of the Total Environment, 1997, 206(23): 107-115.
- [9] Bacon J R, Davidson C M. Is there a future for sequential chemical extraction?[J].Analyst, 2008, 133(1): 25-46.
- [10] 王意锟,张焕朝,郝秀珍,等.有机物料在重金属污染农田修复中的应用研究[J].土壤通报,2010,41(5):1275-1280.
- [11] Rauret G, Lopez-Sanchez J F, Sahuquillo A, et al. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials[J].Journal of Environmental Monitoring, 1999(1): 57-61.
- [12] 娄庭,杨丽娟.土壤重金属的生物有效性及对植物的毒害作用[J].吉林农业科学,2009,34(5):28-32.
- [13] 丁炳红,俞巧钢,叶静,等.土壤重金属有效性影响因素及其防治对策[J].浙江农业科学,2012(5):729-732.
- [14] 杨金燕,杨肖娥,何振立.土壤中铅的来源及生物有效性[J].土壤通报,2005,5(36):768-769.
- [15] 孙胜龙,等.环境污染与控制[M].北京:化学工业出版社,2001:82-83.
- [16] 黎秋君,黎大荣,王英辉,等.3种有机物料对土壤理化性质和重金属有效态的影响[J].水土保持学报,2013,27(6):184-185.

(责任编辑:王昱)