

不同有机物料对污染土壤中 Cu 和 Zn 总量及形态的影响

陈旭, 吴景贵* (吉林农业大学资源与环境学院, 吉林长春 130118)

摘要 [目的]研究不同类型有机物料施入土壤后,对重金属 Cu 和 Zn 的影响情况,为有机物料在重金属污染土壤中的应用提供理论支撑。[方法]以室外培养试验为基础,用硫酸铜、硫酸锌溶液浇灌,模拟制备 Cu、Zn 污染土壤,添加牛粪、菌渣、牧草、树叶、秸秆物料,研究 Cu、Zn 总量变化。[结果]就 Cu、Zn 总量而言,Zn 总量要高于 Cu,且禽畜粪便类高于其他类,鸡粪处理中 Cu、Zn 总量增幅最大,增幅分别为 22.51%和 47.01%;就不同形态而言,动物类禽畜粪便对污染土壤 Cu、Zn 增加效果最显著,天然有机物料对酸可提取态和可还原态 Cu 有明显降低作用。[结论]牛粪有机物料对各形态 Cu、Zn 含量均有增加效果,天然类有机物料对 Cu 的有效态含量有降低作用。

关键词 有机物料;Cu;Zn;污染土壤
中图分类号 S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)16-0068-03

Effect of Different Organic Materials on Total Amount and Morphology of Cu and Zn in Polluted Soils
CHEN Xu, WU Jing-gui (College of Resource and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

Abstract [Objective]The effects of different types of organic materials applied to soils on the contents of heavy metals Cu and Zn were studied to provide theoretical support for the application of organic materials in heavy metal contaminated soils.[Method]On the basis of outdoor culture experiments, Cu and Zn contaminated soils were prepared by watering with CuSO₄ and ZnSO₄ solutions.Cu and Zn were also studied by adding cow dung, bacteria residue, grass, leaves and straw materials.[Result]In terms of total amount of Cu and Zn, the total amount of Zn was higher than that of Cu, and the livestock excrement was higher than other types.The total amount of Cu and Zn in chicken manure increased most greatly, by 22.51% and 47.01% respectively.In terms of morphology, animal manure produced the most significant increase in Cu and Zn in contaminated soils, and natural organic materials significantly reduced acid extractable and reducible Cu.[Conclusion]Organic material of cow dung increases the contents of Cu and Zn in all forms, while natural organic materials reduces the effective content of Cu.

Key words Organic material;Cu;Zn;Pollution soil

目前,土壤污染,尤其是土壤重金属污染越来越严重^[1]。而土壤作为生产过程中最主要的载体,其污染通过食物链的富集作用、灰尘吸入等进入人体,直接威胁到人类的健康安全,所以也会越来越受人们重视^[2-5]。有关研究表明,重金属造成的食物污染在很大程度上威胁人类生命安全^[6-7]。因此,土壤中重金属的去除尤为重要,国内外学者对此都做了大量的研究并取得进展,杨子仪等^[8]研究了禽畜粪便对铜的影响,Guo 等^[9]研究了三氯化铁螯合剂对重金属去除及对植物可利用性。而 Ouhadi 等^[10]则研究了冷高岭土中重金属的

去除方法。笔者结合当地重金属污染状况,对有机物料施入土壤引起土壤 Cu、Zn 的变化情况进行了深入研究,以期缓解东北秸秆、粪便等污染,改善土壤污染问题提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 试验用土为黑土,取自长春净月大学城附近,尽力挑选出无耕种痕迹、杂草自然覆盖的地区,去除杂草后采集 0~20 cm 的土层。有机物料包括牛粪、菌渣、牧草、树叶、秸秆,取自吉林农业大学培养场。供试土壤和物料基本理化性质见表 1。

表 1 供试土壤和物料基本理化性质
Table 1 The basic physicochemical properties of tested materials

供试材料 Material	pH	有机碳 Organic carbon g/kg	全氮 Total N g/kg	全磷 Total P g/kg	全钾 Total K g/kg	全铜 Total Cu mg/kg	全锌 Total Zn mg/kg	全铅 Total Pb mg/kg
土壤 Soil	6.68	20.87	1.12	0.88	2.28	21.90	68.98	0.09
牛粪 Cow dung	7.46	298.57	12.98	3.59	7.47	38.50	80.70	3.98
树叶 Leaves	6.16	370.06	8.67	1.01	3.88	30.27	45.90	0.67
秸秆 Straw	5.79	487.78	7.77	1.14	11.96	28.88	60.77	0.85
牧草 Grass	6.43	417.46	8.86	1.17	11.99	28.33	48.15	0.85
菌渣 Mushroom	6.64	370.12	5.10	2.89	9.98	21.01	42.40	0.18

1.2 试验设计 在吉林农业大学培养厂进行培养试验,从 2016 年开始试验,共分 6 个处理,分别为:①空白处理;②牛粪处理;③菌渣处理;④秸秆处理;⑤牧草处理;⑥树叶处理。

每个处理 3 次重复。每个处理盆装入 15 kg 风干土,含水率为 17%,所以换算成烘干土重为 12.45 kg。在实验室制备好 Cu 浓度为 1 200 mg/kg、Zn 浓度为 1 500 mg/kg 的溶液,浇灌到装好盆的供试土壤中,并使土壤完全浇透,该浓度下的 Cu 和 Zn 含量为国家三级污染标准的 3 倍。其后将培养装置移至搭建的棚室中,避免进入雨雪等外来水分对试验造成影响。动态观测土壤的水分变化情况,及时补充因蒸发而损失掉的水分。连续培养 90 d 后采集试验土样,预处理后保存,

基金项目 吉林省科技厅重大科技招标专项(20150203004NY);国家重点研发计划项目(2017YFD0201801)。
作者简介 陈旭(1992-),男,吉林白山人,硕士研究生,研究方向:农业废弃物资源化利用。*通讯作者,教授,博士,从事土壤环境优化与农业废弃物资源化研究。
收稿日期 2018-02-01;修回日期 2018-02-06

备用。

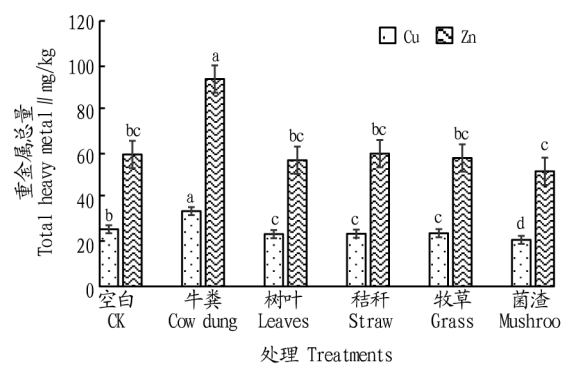
1.3 分析测定方法 供试土壤以及供试物料基本理化性质采用常规方法测定^[11]。土壤中 Cu、Zn 总量采用 HF-HClO₄-HNO₃ 进行提取,采用 A3 原子吸收分光光度计测定。

Cu、Zn 各形态含量采用 Rauret 改进的 BCR 四部提取法^[12]进行提取,将重金属分为酸可提取态、可还原态、可氧化态、残余态 4 种形态^[13],提取液用 A3 原子吸收分光光度计进行测定。

1.4 数据处理 采用 Excel 2013 和 DPS v7.05 软件进行数据处理及分析。

2 结果与分析

2.1 不同有机物料对污染土壤 Cu、Zn 总量的影响 有机物料施入土壤后,在其反应作用下 Cu、Zn 总量均会发生不同变化(图 1)。6 个不同处理都表现出相同的规律,即 Zn 总含量>Cu 总含量。其中,牛粪处理 Cu、Zn 的含量是最多的,而树叶、秸秆、牧草等草本类物料含量与牛粪相比显著较低,最后是半分解类(菌渣),空白处理的含量最少。其中,牛粪处理中 Cu、Zn 总量增幅最大,较空白处理分别升高了 31.78%、57.21%。树叶、秸秆、牧草等处理对 Cu、Zn 总量影响呈相似的规律,半分解类有机物料对 Cu、Zn 总量无明显增加效果。



注:柱上不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level among treatments

图 1 不同处理对污染土壤 Cu、Zn 总量的影响

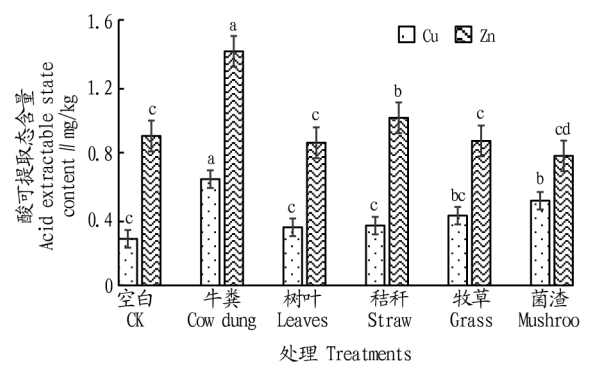
Fig.1 Influence of different treatments on the total heavy metal of Cu and Zn in contaminated soil

2.2 不同有机物料对污染土壤中 Cu、Zn 形态含量的影响

2.2.1 不同处理对酸可提取态 Cu、Zn 含量的影响。不同有机物料施用对酸可提取态 Cu、Zn 的含量均产生一定程度的影响(图 2)。酸可提取态 Cu、Zn 的含量与总含量变化规律有一定相似之处,二者均以牛粪处理含量表现最高。但酸可提取态含量只占总量极少一部分。酸可提取态 Cu、Zn 之间也存在差异,其中树叶、牧草、菌渣与空白处理相比 Zn 的含量无显著差异,但均与牛粪和秸秆之间存在显著差异。牛粪与秸秆之间也存在显著差异。而酸可提取态 Cu 则表现为菌渣与牧草之间含量差异不明显,但菌渣与其他处理之间都存在显著差异,牧草与其他处理之间无显著差异。

2.2.2 不同有机物料处理可还原态 Cu、Zn 含量的影响。不同处理对可还原态 Cu、Zn 含量产生的影响也不尽相同

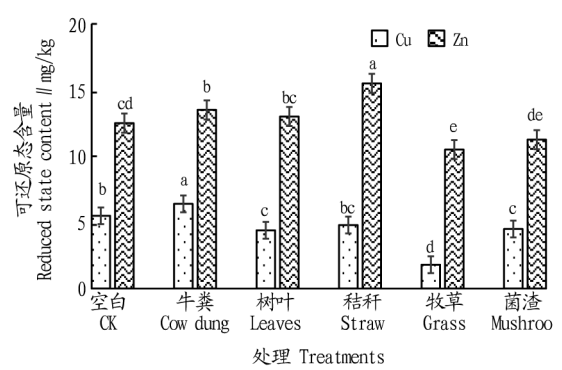
(图 3)。还原态 Zn 的含量以秸秆处理为最高,与其他各处理之间差异显著。牧草处理的含量最低,较秸秆处理低 47.62%。牧草与菌渣处理之间 Zn 含量差异不明显。Cu 含量的变化与 Zn 的不同,各处理以添加牛粪处理的含量最高,其次是空白处理,秸秆处理较空白含量低,但二者间差异不显著。牧草处理可还原态 Cu 的含量最低,为 1.8 mg/kg,较含量最高的牛粪处理低 71.88%,较空白处理低 67.27%。由此可知,天然有机物料(秸秆、树叶、牧草)能够有效降低可还原态 Cu 含量。而牛粪则提高了可还原态 Cu 含量。



注:柱上不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level among treatments

图 2 不同处理对土壤酸可提取态 Cu、Zn 含量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on the content of Cu and Zn in acid extraction soil



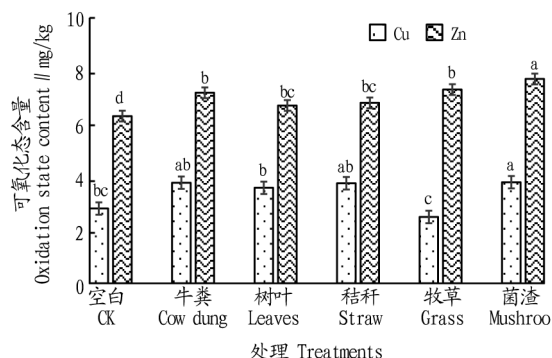
注:柱上不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level among treatments

图 3 不同处理对可还原态 Cu、Zn 含量的影响

Fig.3 Influences of different treatments on the contents of Cu and Zn in soil

2.2.3 不同有机物料处理可氧化态 Cu、Zn 含量的影响。添加不同物料,引起污染土壤中可氧化态 Cu、Zn 含量的差异(图 4)。与前面 2 种不同形态的 Cu、Zn 含量变化不同,可氧化态 Cu 的含量以菌渣处理最高,对于 Cu,菌渣处理、秸秆处理、牛粪处理之间无显著差异,但菌渣处理与其他各处理之间差异显著,各处理 Cu 含量为菌渣>牛粪>秸秆>树叶>空白>牧草。可氧化态 Zn 含量与可氧化态 Cu 相似,也是以菌渣处理最高,为 7.70 mg/kg,且与其他处理之间差异显著,其次是牧草处理和牛粪处理,分别为 7.30 和 7.18 mg/kg,二者之

间无显著差异,再次为树叶和秸秆处理,二者与牛粪、牧草处理之间无显著差异,以空白处理最少,仅为 6.30 mg/kg,与其他各处理之间差异显著。



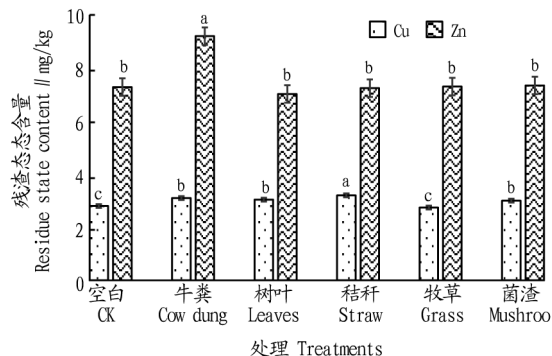
注:柱上不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level among treatments

图 4 不同处理对土壤可氧化态 Cu、Zn 含量的影响

Fig.4 Influence of different treatments on the contents of Cu and Zn in soil

2.2.4 不同有机物料处理对残渣态 Cu、Zn 含量的影响。由图 5 可知,残渣态 Cu、Zn 的含量与可氧化态、还原态以及酸可提取态相比要高出很多,占总量非常大的一部分比例。而



注:柱上不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level among treatments

图 5 不同处理对土壤残渣态 Cu、Zn 含量的影响

Fig.5 Influence of different treatments on the residue state of Cu and Zn in soil residue

6 个不同处理之间残渣态 Zn 的含量相差不大,除牛粪处理显著高于其他处理外,其余各处理之间均不存在显著差异。残渣态 Cu 的含量与 Zn 不同,各处理中,以秸秆处理 Cu 的含量最高,与其他处理之间均存在显著差异。其次是牛粪、树叶和菌渣处理,3 个处理之间无显著差异,但与其他处理之间差异显著,空白处理和牧草处理之间无显著差异,且以牧草处理含量最低。综上所述,天然类、禽畜粪便类以及半分解类有机物料之间相互比较,牛粪与天然类(秸秆、树叶、牧草)物料之间无明显差异。

3 结论

牛粪对污染土壤 Cu、Zn 总量有明显增加作用,而秸秆、牧草、树叶则降低 Cu、Zn 总量。

天然有机物料对酸可提取态和可还原态 Cu 有明显降低作用,而对 Zn 的作用则无明显规律。牧草对不同形态的 Cu、Zn 含量都有降低作用。

参考文献

- [1] 侯月卿,沈玉君,刘树庆.我国畜禽粪便重金属污染现状及其钝化措施研究进展[J].中国农业科技导报,2014,16(3):112-118.
- [2] 王秋,陈松.我国食品安全突发事件应急管理体系研究及环境污染案例分析[J].食品科学,2016,37(5):283-289.
- [3] 杨玉,童雄才,王仁才,等.湖南猕猴桃园土壤重金属含量分析及污染评价[J].农业现代化研究,2017,38(6):1097-1105.
- [4] 陈玉鹏,梁东丽,刘中华,等.大棚蔬菜土壤重金属污染及其控制的研究进展与展望[J].农业环境科学学报,2018,37(1):9-17.
- [5] TAN S Y, PRAVEENA S M, ABIDIN E Z, et al. A review of heavy metals in indoor dust and its human health-risk implications[J]. Reviews on environmental health, 2016, 31(4): 447-456.
- [6] 张晓文,邵柳逸,连宾.4 种太湖水产品体内重金属富集特征及食用安全性评价[J].食品科学,2018,39(2):310-314.
- [7] 温明振.土壤重金属的污染与治理进展研究[J].中国资源综合利用,2017,35(9):104-105.
- [8] 杨子仪,吴景贵,冯娜娜,等.不同畜禽粪与化肥配施对黑土中 Cu 有效性的影响及相关因素分析[J].环境科学学报,2015,35(1):294-301.
- [9] GUO X F, WEI Z B, WU Q T. Effect of soil washing with only chelators or combining with ferric chloride on soil heavy metal removal and phytoavailability: Field experiments[J]. Chemosphere, 2016, 147: 412-419.
- [10] OUHADI V R, YONG R N, SHARIATMADARI N, et al. Impact of carbonate on the efficiency of heavy metal removal from kaolinite soil by the electrokinetic soil remediation method[J]. Journal of hazardous materials, 2009, 173(1): 87-94.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,1999.
- [12] 陈世俭,胡嵩堂.土壤铜形态及有机物质的影响[J].长江流域资源与环境,1995,4(4):367-371.
- [13] 曹媛媛.不同环境下水稻土硫和重金属形态转化及微生物生态研究[D].杭州:浙江大学,2008.

科技论文写作规范——缩略语

采用国际上惯用的缩略语。如名词术语 DNA(脱氧核糖核酸)、RNA(核糖核酸)、ATP(三磷酸腺苷)、ABA(脱落酸)、ADP(二磷酸腺苷)、CK(对照)、CV(变异系数)、CMS(细胞质雄性不育性)、IAA(吲哚乙酸)、LD(致死剂量)、NAR(净同化率)、PMC(花粉母细胞)、LAI(叶面积指数)、LSD(最小显著差)、RGR(相对增长率)、单位名缩略语 IRRI(国际水稻研究所)、FAO(联合国粮农组织)等。对于文中有些需要临时写成缩写的词(如表及图中由于篇幅关系以及文中经常出现的词而写起来又很长时),则可取各主要词首字母写成缩写,但需在第一次出现处写出全称,表及图中则用注解形式在下方注明,以便读者理解。