城市污泥用于尾矿废弃地土壤改良的可行性研究

武淑文[1],杨迎冬[2],黄 成[2]　(1. 西南林业大学环境科学与工程学院,云南昆明 650224;2. 云南省地质环境监测院,云南昆明 650216)

摘要　通过对城市污泥和尾矿废弃地理化性质以及重金属含量的分析,结合污泥土地利用的有利因素和限制性因素,讨论城市污泥用于尾矿废弃地土壤改良的可行性,提出城市污泥可以作为提高尾矿废弃地土壤肥力、改良土壤理化性质、促进植被恢复生长的土壤改良剂,从而实现尾矿废弃地生态恢复的目的。

关键词　城市污泥;尾矿废弃地;重金属;土壤改良
中图分类号　S181.3　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2013)33 - 12993 - 02

Feasibility Study on Soil Amelioration of Municipal Sewage Sludge in Mining Tailing

WU Shu-wen et al　(School of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

Abstract　Through the analysis on physicochemical property and heavy metal content of sewage sludge and soil from mining tailing, whether municipal sewage sludge applied in mining tailing was discussed based on favorable factors and limiting factors of sludge land utilization. The conclusion was that sewage sludge may be used as the soil amendment for raising soil fertility, improving soil physiochemical properties and promoting vegetation restoration, so as to realize the purpose of ecological restoration in mining tailing.

Key words　Municipal sewage sludge; Mining tailing; Heavy metals; Soil amelioration

目前,经济的迅速发展带动了人们对资源需求的快速增加,我国矿产资源开发的力度也不断加大,矿山废弃地面积逐年增加。大量的矿山废弃地不仅占用大量土地,浪费土地资源,而且这些废弃地土壤物理结构差、有机质含量低、植物必需营养元素缺乏,不利于植物生长,尤其金属矿山废弃地重金属含量过高,在雨水和风力的作用下,扩散进入水体和土壤,加之重金属的富集和生物放大作用,对生态环境、人类生活生产安全构成威胁[1]。因此,如何合理利用和修复矿山废弃地,尤其是废弃地土壤改良问题是亟待解决的问题。

城市污泥虽是一种废弃物,但同时也是一种良好的有机肥料资源。利用城市污泥作为矿山废弃地的土壤修复基质,不但可以消耗大量的城市污泥,减轻污泥处理量,而且可以利用城市污泥中含有的大量植物必需的营养元素,特别是N、P、K 和有机质,以及污泥较强的黏性、持水性和保水性等物理特性,改善土壤结构,增加土壤肥力,更新废弃地土壤生态系统,使其有利于植物的生长[2]。为此,笔者根据城市污泥和尾矿废弃地的理化性质,探讨污泥作为尾矿废弃地土壤改良剂的可行性,为矿山废弃地生态修复提供一条治理途径,实现污泥和废弃地综合治理及资源和环境协调发展的目的。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　供试污泥。采自昆明市第五污水处理厂脱水污泥。

1.1.2　供试土壤。取自云南个旧大屯尾矿库。

1.2　方法

1.2.1　样品预处理。土样、污泥分别平铺放置在阴凉通风处自然风干、混匀,过筛,用聚乙烯塑封袋包装,封闭标示备用。

1.2.2　试验方法。Cd、Zn 测定采用火焰原子吸收法;有机质测定采用油浴加热重铬酸钾容量法;总氮测定采用扩散法;总磷测定采用钼锑抗比色法;总钾测定采用火焰光度法;速效钾测定采用火焰光度法;pH 测定采用 pHS - 4C 型酸度计。

2　结果与分析

2.1　污泥和尾矿废弃地理化性质分析　从表 1 可以看出,污泥的 pH 为 6.71,在 6.5 ~ 10.0,呈弱酸性;pH、有机质、氮磷钾总含量均符合《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(CJ/T291 - 2008)要求,其中除总钾含量稍低外,有机质、总氮、总磷含量明显高于猪厩肥[3],说明污泥养分充足,具有很高的肥力。

表 1　城市污泥理化性质

理化指标	污泥	城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质(CJ/T291 - 2008)
pH	6.71	6.5 ~ 10.0
总氮//g/kg	29.29	
总磷//g/kg	62.60	
总钾//g/kg	9.37	
有机质//g/kg	473.94	≥100.00 g/kg
速效钾//mg/kg	1 695.76	-
水解氮//mg/kg	1 980.44	-

注:污泥中氮磷钾($N + P_2O_5 + K_2O$)总含量为 101.6 g/kg,城镇污水处理厂污泥处置　土地改良用泥质(CJ/T291 - 2008)氮磷钾($N + P_2O_5 + K_2O$)总含量≥10.0 g/kg。

尾矿废弃地 pH 为 7.92,呈弱碱性,说明尾矿废弃地没有发生酸化现象。有效磷含量 8.072 mg/kg 达到肥力指标Ⅱ级标准;有机质、全氮、全磷、全钾和有效钾、有效氮含量分别为 7.86、0.136、1.431、6.841 g/kg 和 46.878、3.499 mg/kg,均低于肥力指标Ⅲ级标准(表2),说明尾矿废弃地有机质含量

表 2　土壤(旱地)肥力指标分级参考指标

等级	有机质//g/kg	全氮//g/kg	有效钾//mg/kg	有效磷//mg/kg
Ⅰ(优良)	>15	>1.0	>120	>10
Ⅱ(尚可)	10 ~ 15	0.8 ~ 1.0	80 ~ 120	5 ~ 10
Ⅲ(较差)	<10	<0.8	<80	<5

基金项目　云南省教育厅项目(50117007)。
作者简介　武淑文(1978 -),女,湖北随州人,副教授,硕士,从事固体废弃物资源化利用研究。
收稿日期　2013-10-25

低,养分缺乏,土壤非常贫瘠,不利于植物生长,这与云南不同矿区废弃地土壤肥力调查结果相类似[4]。

2.2 污泥和尾矿废弃地重金属特性析 从表 3 可以看出,城市污泥中 Cd、Pb 、Zn 和 Cu 含量较低,均低于《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》要求;但尾矿废弃地 Cd、Pb 、Zn 和 Cu 含量较高,远超过《土壤环境质量标准》(GB15618 -1995)Ⅲ级标准,说明尾矿废弃地重金属污染严重。

表 3 城市污泥及尾矿废弃地重金属含量

重金属	城市污泥		尾矿废弃地	
	含量 mg/kg	城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质(CJ/T291 -2008)(pH≥6.5)	含量 mg/kg	土壤环境质量标准(GB15618 -1995)Ⅲ级标准(pH >7.5)
Cd	6.710	20	55.450	≤1.0
Pb	95.984	1 000	2 950.533	≤500
Zn	459.650	4 000	3 639.140	≤500
Cu	172.195	1 500	1 604.278	≤400

总体而言,城市污泥含有丰富的有机质和氮、磷、钾营养元素,Cd、Pb 、Zn 和 Cu 含量较低,将其作为土地改良泥质潜力较大,是一种值得合理利用的有机肥源[5]。尾矿废弃地土壤极端贫瘠、养分缺乏,Cd、Pb 、Zn 和 Cu 等重金属严重超标,植被难以恢复,因此尾矿废弃地土壤改良既要提高尾矿的养分状况,同时又要降低尾矿的重金属毒性。

2.3 城市污泥用于尾矿废弃地复垦可行性探讨

2.3.1 提高尾矿废弃地的土壤肥力。尾矿废弃地土壤十分贫瘠,缺乏养分和有机物。而城市污泥含有大量的有机质和丰富的氮、磷、钾,且大量有机成分相当部分以易于降解的形态存在,使污泥供肥潜力进一步增大[6]。王新等研究表明,污泥土地利用可提高土壤养分含量特别是土壤中有机质含量,使草坪草获得了良好的生长响应,草坪草生物量增加,绿期延长[7]。赖发英等将矿区土壤施入污泥种植枸树,随着污泥施用量的增加,土壤有机质含量呈递增趋势,增幅为 32.58% ~126.9%,土壤养分整体上也呈递增趋势[8]。因此,通过施用城市污泥既能迅速地对尾矿废弃地供肥,又能持久地供肥,从而有效地改善土壤肥力,有利于植被恢复。

2.3.2 改善尾矿废弃地理化性质。城市污泥除含有大量的有机质和氮、磷、钾外,还有较强的黏性、持水性和保水性。而尾矿废弃地土壤颗粒细小,易板结,污泥的加入可以很好地改善尾矿废弃地的理化性质。研究表明,施用城市污泥后,土壤结构系数、水稳定性团聚体、孔隙率、透水率和持水量随着污泥施用量的增大而增大,土壤容重和表土抗剪力随之减小[2]。且在有机质含量较低的土壤中施用适量污泥,对土壤物理化学性质的改善特别明显,而且这种影响随着污泥中的有机质逐渐降解可以持续几年[9]。

2.3.3 提高矿山废弃地微生物的活性。土壤环境的改善为土壤微生物的活动提供了有利条件,而土壤微生物的活动又反过来进一步促进土壤肥力的提高。研究表明,土壤施用污泥后增加了土壤中最重要的异养性微生物的矿化作用和生物活性,使土壤有机质得到充分利用[9]。赖发英等以江西东乡铜矿区土壤为基质,添加不同的污泥进行枸树盆栽试验,结果表明,在不同处理下,与对照相比,土壤中细菌数提高了 20.00 ~232.20 倍,真菌数提高了 2.28 ~232.20 倍,放线菌数提高了 3.50 ~130.00 倍[8]。

2.3.4 城市污泥用于矿山废弃地的限制性因素。污泥除含有丰富的营养元素之外,还含有部分病原微生物和寄生虫卵以及微量重金属元素等,它们可能通过各种传播途径,污染土壤、空气、水源,危害植物的生长,成为城市污泥应用于矿山废弃地的限制性因素。

(1)重金属的影响。污泥含有 Cd、Hg、Pb、Cr、As、Ni、Zn、Cu 等重金属元素,污泥土地利用土壤重金属含量也会有所增加[7]。因此,选用重金属含量低的污泥作为土壤改良基质是关键。城市污泥主要来自以处理生活污水为主的污水处理厂,其重金属含量较低。例如,昆明市六所污水处理厂脱水污泥中 Cu、Pb、Zn、As、Cd、Hg 等重金属含量均满足《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》标准要求[10]。另一方面,随着社会、经济的发展和科技水平的提高,城市污泥中的重金属含量逐渐降低是一个普遍趋势[11]。另外,将城市污泥与粉煤灰等碱性废弃物按一定比例混合,可降低污泥中重金属的危害。许振岚等以城市污泥为主要成分,添加不同比例的单一辅料(草炭、磷矿粉、粉煤灰)配成不同的城市污泥人工土壤,并栽培黑麦草,结果表明,各配比人工土壤中重金属生物有效性和综合毒性均较污泥明显下降[12]。

由于尾矿废弃地具有重金属含量高的特点,因此,降低尾矿重金属毒性和含量也是土壤改良的目的。其中植物修复是最彻底、最有发展潜力的解决重金属污染的技术[13]。在城市污泥改良的矿山废弃地,种植重金属耐性植物或超累计植物,可提高植物修复重金属污染的效果,降低矿区重金属污染。试验证实,有机废弃物一方面改善了尾矿理化性质,降低了重金属毒性;另一方面,它的添加会促进植物对重金属的吸收,其证据是添加有机废弃物会显著提高重金属在尾矿植物系统中的富集因子(植物体内重金属含量与尾矿中的重金属含量之比),而富集因子与有机质含量显著相关,说明有机质促进了植物对重金属的吸收[14]。陈爱胜等在铅锌矿区土中加入城市污泥,通过盆栽试验发现,城市污泥为是改良土壤、促使东南景天生长的良好添加剂,城市污泥的添加促进了东南景天超累积 Zn、Cd[15]。向言词等研究发现,锰矿尾渣经污泥改良后除增加了基质的 *EC* 值及总氮、总磷、总钾和有机质含量外,还促进了紫茉莉、青葙、一串红和鸡冠花 4 种花卉植物的生长,并增加了这 4 种花卉植物的 Cd、Pb、Zn 和 Mn 含量,认为在锰矿尾渣污染进行植物修复时,采用紫茉莉、葙和添加污泥强化植物修复效率是可行的[16]。

(2)病菌污染。污泥中含有大量致病微生物和寄生虫卵,这些致病微生物与寄生虫卵可通过各种途径传播,污染土壤、空气、地表和地下水等,并通过皮肤接触、呼吸和食物链危及人畜健康,也能在一定程度上加速植物病害的传播。因此,城市污泥在使用前需进行稳定化处理,如污泥堆肥,不

(下转第 12998 页)

通过这些方法也许可对农业面源污染防治技术进行一定的评估,但后评估不是万能的,所谓“亡羊补牢,为时已晚”,它只能找出其中的问题并稍加改正,并不能保证所得到的结果就一定能满足人们对农业面源污染防治的需要,而且已经产生的问题已经对环境造成了一定的影响。而农业生态环境的破坏几乎是不可逆的,现有的农业面源污染防治技术并不能彻底地解决现如今的面源污染问题。这与我国“先污染后治理”的原始产业结构息息相关,因此只有改变这种落后的发展方式,科学生态化发展农业,加强对源头污染源的监管,控制污染的产生,才能真正做到减少面源污染,以致彻底地解决农业面源污染问题,保护农业生态环境。

参考文献

[1] 汤婷媚,卢瑛莹,曹利江. 农业污染减排途径及对策研究[J]. 中国农业资源与区划,2012(6):29-31.
[2] 王建兵,程磊. 农业面源污染现状分析[J]. 江西农业大学学报:社会科学版,2008(3):35-39.
[3] 杨林章,冯彦房,施卫明,等. 我国农业面源污染治理技术研究进展[J]. 中国生态农业学报,2013(1):96-101.
[4] 胡仙芝,黎霆,杨良敏. 农业污染的现状、规律及治理思路——基于“十二五”规划及农业经济结构调整的研究[J]. 农业经济,2012(11):9-11.
[5] 王俊峰. 农业污染的现状成因与对策研究[J]. 企业导报,2012(18):25.
[6] 李飞. 切实加强农业污染治理[J]. 决策咨询,2012(5):75-79.
[7] 孙江莉. 我国的农业污染及防治技术研究综述[J]. 吉首大学学报:自然科学版,2008(5):99-103.
[8] 姜海,杨杉杉,冯淑怡,等. 基于广义收益—成本分析的农村面源污染治理策略[J]. 中国环境科学,2013(4):762-767.
[9] 柴世伟,裴晓梅,张亚雷,等. 农业面源污染及其控制技术研究[J]. 水土保持学报,2006(6):56-58.
[10] PEÑA-HARO S,LLOPIS-ALBERT C,PULIDO-VELAZQUEZ M,et al. Fertilizer standards for controlling groundwater nitrate pollution from agriculture:El Salobral-Los Llanos case study,Spain[J]. Journal of Hydrology,2010,392(3):174-187.
[11] QIAO J,YANG L,YAN T,et al. Nitrogen fertilizer reduction in rice production for two consecutive years in the Taihu Lake area[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment,2012,146(1):103-112.
[12] 倪艳芳,梁慧. 发展有机农业控制农业污染[J]. 环境科学与管理,2013(1):157-161.
[13] DUCHEMIN M,HOGUE R. Reduction in agricultural non-point source pollution in the first year following establishment of an integrated grass/tree filter strip system in southern Quebec(Canada)[J]. Agriculture,Ecosystems & Environment,2009,131(1):85-97.
[14] 李秋芳,宋维峰. 农业面源污染及其防治对策研究进展[J]. 亚热带水土保持,2012(2):23-26.
[15] 杨林章,王德建,夏立忠. 太湖地区农业面源污染特征及控制途径[J]. 中国水利,2004,20(1):19-20.
[16] 杨林章,施卫明,薛利红,等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践——总体思路与“4R”治理技术[J]. 农业环境科学学报,2013(1):1-8.
[17] 叶寿仁,吴志平,孙志,等. 强化农业节水管理减少农村面源污染——关于太湖流域农业节水减排的调研报告[J]. 中国水利,2012(11):27-30.
[18] 廖庆玉,卢彦,章金鸿. 人工湿地处理技术研究概况及其在农村面源污染治理中的应用[J]. 广州环境科学,2012(2):29-34.
[19] 薛玉兰,钱铁牛. 技术改造项目的后评估管理[J]. 华东电力,2006(6):28-31.
[20] 曾奕. 科研项目后评估在电力技术研发项目中的应用[J]. 科技风,2009(22):245.
[21] MIURA T,SHIOYA I. Assessment by belief[C]. IEEE,2001.
[22] 刘明峰. 电力企业信息化项目后评估方法探索[J]. 信息与电脑:理论版,2012(7):165-166.
[23] 黄洁辉. 城市河流小型水质处理设施后评估模式研究[J]. 中国农村水利水电,2013(7):18-19.
[24] 胡芳,唐仲平,黄文杰. 项目后评价方法综述[J]. 中国电力教育,2005(S3):150-152.
[25] 周光中,朱卫东. 项目后评估的研究综述[Z]. 中国安徽马鞍山,2006.
[26] 刘丹平,江冰. 逻辑框架法在实验室建设项目后评估中的应用[J]. 实验室研究与探索,2004(12):92-95.
[27] 王巍,张春霞,马少飞,等. 公路桥梁后评估指标体系及方法研究[J]. 现代交通技术,2013(2):52-55.
[28] 祁守斌. 金榜一名御建设项目后评估研究[D]. 南京:南京理工大学,2012.
[29] 吕滨. 贷款项目成功度模糊综合评价法探讨[J]. 中央财经大学学报,2000(7):37-41.

(上接第 12994 页)

仅可以消除污泥本身的臭味,而日堆肥过程中产生的高温可以杀死污泥中大部分病原菌和寄生虫,达到无害化的目的。

3 结论

(1)城市污泥中有机质、氮、磷等养分含量较高且 pH 适中,Cd、Pb 、Zn 和 Cu 含量较低,能够达到《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》要求,是一种很好的有机肥源和土壤改良剂。尾矿废弃地的土壤非常贫瘠,重金属 Cd、Pb 、Zn 和 Cu 含量较高,超过《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)Ⅲ级标准,需进行土壤改良。

(2)污泥应用于矿山废弃地土壤改良是可行的,由于污泥的土地利用会增加土壤中的重金属含量,选用重金属含量低的城市污泥作为土壤改良基质,改良后的尾矿废弃地可以选种重金属超富集植物,以减少矿区重金属污染。但如长期使用城市污泥肥料需进行必要的定位监测。

参考文献

[1] 王新,周启星. 土壤重金属污染的生态过程、效应及修复[J]. 生态科学,2004,23(3):278-281.
[2] 周立祥,胡霭堂,戈乃分. 城市生活污泥农田利用对土壤肥力性状的影响[J]. 土壤通报,1994,25(3):126-129.
[3] 李艳霞,陈同斌,罗维,等. 中国城市污泥有机质及养分含量与土地利用[J]. 生态学报,2003,23(11):2464-2474.
[4] 雷冬梅,段昌群,王明. 云南不同矿区废弃地土壤肥力与重金属污染评价[J]. 农业环境科学学报,2007,26(2):612-616.
[5] 何洁,张旭,陈同斌,等. 昆明市污水处理厂污泥的土地利用可行性研究[J]. 中国给水排水,2010,26(17):103-105.
[6] 张雪英,周立祥. 江苏地区城市污水处理厂污泥泥质研究 I———污泥养分特征与供肥潜力[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):110-114.
[7] 王新,周启星,陈涛,等. 污泥土地利用对草坪草及土壤的影响[J]. 环境科学,2003,24(2):50-53.
[8] 赖发英,王国锋,孙永明,等. 城市污泥对矿区土壤性状的影响[J]. 核农学报,2010,24(2):349-354.
[9] 常玉海. 城市污泥对土壤物理化学性质的影响[J]. 农业环境与发展,1995,45(3):25-27.
[10] 武淑文,胡慧蓉,杨迎冬. 昆明城市污泥性质及土地利用方式探讨[J]. 安徽农业科学,2011,39(15):9379-9381.
[11] 陈同斌,黄启飞,高定. 中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J]. 环境科学学报,2003,23(5):561-569.
[12] 许振岚,陈红. 城市污泥人工土壤中重金属生物有效性及综合毒性研究[J]. 浙江大学学报:理学版,2010,37(3):299-304.
[13] 王华,曹启民,桑爱云,等. 超积累植物修复重金属污染土壤的机理[J]. 安徽农业科学,2006,34(22):5948-5950.
[14] LAN C Y,SHU W S,WONG M H. Reclamation of a Pb/Zn mine tailings in Guangdong Province. P. R. China:The role of river sediment and domestic refuse[J]. Biresource Technology,1998,65:117-124.
[15] 陈爱胜,林初夏,龙新宪,等. 不同土壤处理对东南景天吸取土壤中锌和镉效率的影响[J]. 生态环境,2004,13(4):556-559.
[16] 向言词,冯涛,刘炳荣,等. 污泥改良锰矿尾渣对 4 种花卉植物生长及其富集重金属的影响[J]. 农业环境科学学报,2009,28(2):244-250.