

罗成科,张峰举,肖国举. 施用脱硫废弃物对宁夏盐碱土壤重金属含量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):475-477.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.148

施用脱硫废弃物对宁夏盐碱土壤重金属含量的影响

罗成科,张峰举,肖国举

(宁夏大学新技术应用研究开发中心,宁夏银川 750021)

摘要:为了顺利推进利用脱硫废弃物改良河套地区盐碱地技术的示范推广,跟踪检测了宁夏盐碱土壤重金属含量的变化。研究发现,供试脱硫废弃物的汞(Hg)、砷(As)、铬(Cr)、铅(Pb)、镉(Cd)含量均低于国家限量标准和土壤环境质量二级标准;施用脱硫废弃物后,碱(化)、盐化、次生盐渍化3种类型的土壤中重金属含量,以及种植不同作物的碱化土壤中重金属含量均未超过国家土壤环境质量二级标准(GB15618—1995《土壤环境质量标准》);连续改良4年的碱化土壤跟踪监测结果也证实,脱硫废弃物的施用没有造成土壤环境的污染,说明脱硫废弃物的农业资源化利用是安全的。

关键词:脱硫废弃物;盐碱地;土壤改良

中图分类号: X53;S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0475-03

黄河河套地区(以下简称河套地区)有灌溉农田超过100多万 hm^2 ,但1/3以上存在不同程度的土壤盐渍化问题,其中还有60万 hm^2 以上盐碱荒地。土壤盐渍化问题严重制约着该地区农业综合生产能力的提高、绿洲生态系统的建设和农业可持续发展。燃煤电厂排放的脱硫废弃物主要含有 CaSO_4 、 CaSO_3 ,并富含硫(S)、钙(Ca)、硅(Si)等植物必需或有益的矿质营养,因而在土壤改良上具有广泛的应用前景^[1]。目前,已在我国的黑龙江省^[2]、辽宁省^[3]、内蒙古自治区^[4]、宁夏回族自治区^[5]、新疆维吾尔自治区^[6]、山西省^[7]、天津市^[8]、广东省^[9]等地付诸实施,并取得了效果显著。然而,与化肥不同,脱硫废弃物是一种工业副产物,含有一定量的汞(Hg)、砷(As)、铅(Pb)、铬(Cr)、镉(Cd)等重金属离子^[10]。施用脱硫废弃物可能会对土壤和作物造成一定负面影响,该问题一直以来备受人们关注。因此,本试验对示范区土壤重金属离子含量进行了测试分析,以期为脱硫废弃物改良盐碱地的农业资源化利用提供科学依据,以便更好地从大尺度上确保土壤质量安全。

1 材料与与方法

1.1 示范区概况

示范区包括碱化土壤示范区、盐化土壤示范区和次生盐渍化土壤示范区^[11]。其中,碱化土壤示范区位于宁夏回族自治区平罗前进农场西大滩,该基地地处河套平原西南部,地势平缓低洼,土壤为碱(化)土壤,盐分组成以碳酸钠-重碳酸钠为主,一般地下水深1.5 m左右,碱化度为15%~60%,总

碱度为0.20~0.65 cmol/kg,pH值为8.0~10.4,全盐含量为2.5~6.5 g/kg,土质黏重、透水性差。盐化土壤示范区位于宁夏回族自治区石嘴山市惠农区,该基地地处河套地区西北角(宁蒙交界地带),土壤盐分组成以氯化物硫酸盐或硫酸盐氯化物为主,全盐含量6 g/kg左右,pH值9左右,碱化度9.8%~19.3%,总碱度0.24~0.63 cmol/kg,地下水深1.0~1.5 m,矿化度10~30 g/L。次生盐渍化土壤示范区位于宁夏回族自治区中部干旱带红寺堡开发区,由于不合理灌溉致使该地区土壤发生次生盐渍化,土壤盐分组成以硫酸盐氯化物或氯化物硫酸盐为主。3个示范区灌排条件较为完善,适宜利用燃煤脱硫废弃物进行盐碱地改良。

1.2 试验材料

试验材料选择油菜、甜高粱、甜菜、枸杞和玉米,脱硫废弃物来自内蒙古海渤湾发电厂(表1)。

1.3 试验设计

大田示范脱硫废弃物施用量参照肖国举等推算出的施用量公式^[12],共设2个处理,即对照(CK):0 kg/ hm^2 ;处理(T):碱化土壤中脱硫废弃物施用量为 22.50×10^3 kg/ hm^2 ,盐化土壤和次生盐渍化土壤中均为 6.0×10^3 kg/ hm^2 。根据试验设计的要求,播前结合整地将脱硫废弃物一次性均匀施于地表,机械耕翻20 cm,使其与土壤充分混匀。

1.4 测定方法

测定脱硫废弃物和改良后土壤中Hg、As、Cr、Pb、Cd重金属元素含量,土样取自0~20 cm耕作层。测定方法:Hg采用硝酸-盐酸消解、As采用盐酸-硫酸消解,原子荧光光度法测定(NY/T 1121.10—2006《土壤检测 第10部分:土壤总汞的测定》、NY/T 1121.11—2006《土壤检测 第11部分:土壤总砷的测定》);Cr采用盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸消解,火焰原子吸收分光光度法测定(HJ491—2009《土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》);Pb和Cd采用盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸消解,石墨炉原子吸收分光光度法测定(GB/T 17141—1997《土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》)。

收稿日期:2014-11-10

基金项目:宁夏高等学校科学技术研究项目(编号:NGY2014015);宁夏大学自然科学基金(编号:ZR1322);宁夏重点研发计划(科技惠民)(编号:2015KJHM26)。

作者简介:罗成科(1979—),男,宁夏海原人,博士,副研究员,主要从事盐碱地改良与利用方面的研究。E-mail: chkluo2002@163.com。

2 结果与分析

2.1 脱硫废弃物重金属含量

脱硫废弃物重金属含量不仅明显低于 GB 8173—1987《农用粉煤灰中污染物控制标准》，而且低于 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》(表 1)，说明施用脱硫废弃物是安全的。

表 1 电厂脱硫废弃物重金属含量与标准值对比

来源	含量(mg/kg)				
	汞	砷	铅	铬	镉
海勃湾电厂脱硫废弃物	0.34	6.93	32.00	23.99	0.12
GB 8173—1987《农用粉煤灰中污染物控制标准》	—	75.00	500.00	500.00	10.00
GB 15618—1995《土壤环境质量标准》	1.00	25.00	350.00	250.00	0.600

2.2 脱硫废弃物对不同类型土壤重金属含量的影响

测试分析结果表明,3 种类型土壤(包括处理和对照)中 5 种重金属元素含量变化远低于国家土壤环境质量二级标准(GB 15618—1995《土壤环境质量标准》),但处理组和对照组中重金属元素的含量变化略有不同,具体表现为对于 Hg 和 Cr 来说,除在盐化土壤中处理组比对照组略有增加外,另外 2 种类型土壤处理和对照相比变化不明显;对于 As 来说,3 种类型土壤中处理组和对照组相比无明显变化;对于 Pb 来说,除在次生盐渍化土壤中处理组比对照组有所增加外,其他 2 种类型土壤处理组和对照组相比变化不明显;对于 Cd 来说,在碱化土壤和次生盐渍化 2 种土壤中处理组比对照组都有所增加,而在盐化土壤中这种变化表现不明显(图 1、图 2)。

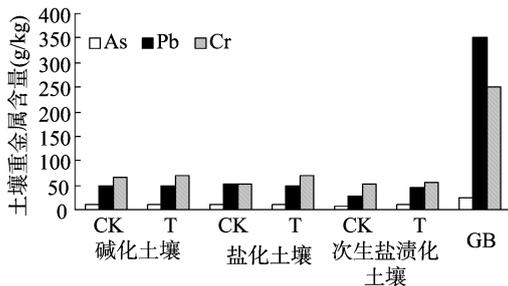


图 1 不同类型土壤重金属 As、Pb、Cr 的含量 (3 种类型土壤上均种植油菜)

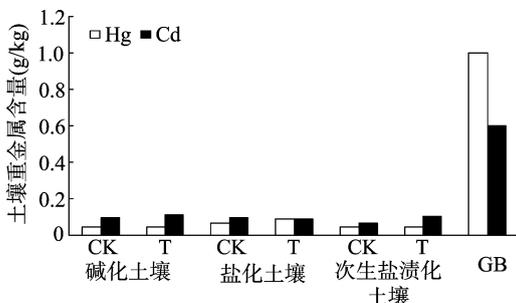


图 2 不同类型土壤重金属 Hg、Cd 的含量 (3 种类型土壤上均种植油菜)

2.3 脱硫废弃物对种植不同植物的碱化土壤重金属的影响

施用脱硫废弃物后,种植不同植物碱化土壤中重金属含量表现出不同的变化。对 Hg、As、Pb、Cd 含量来说,除种植甜

高粱的处理高于对照外,在种植其余 4 种植物的处理中,元素含量与对照无明显差异;Cr 含量变化较为复杂,种植甜菜和油菜的处理高于对照,种植枸杞的处理低于对照,种植甜高粱和玉米的处理和对照之间变化不明显(图 3、图 4)。总的来说,无论是处理组还是对照组,碱化土壤中 5 种重金属含量变化范围小,明显低于国家土壤环境质量二级标准(GB 15618—1995《土壤环境质量标准》)。

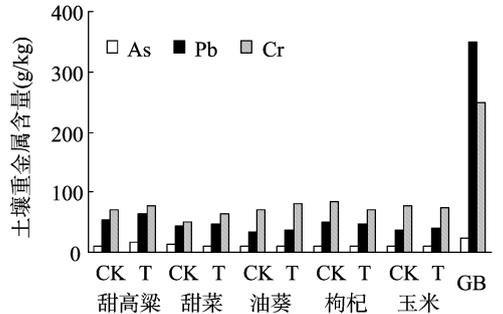


图 3 种植不同作物后土壤重金属 As、Pb、Cr 的含量

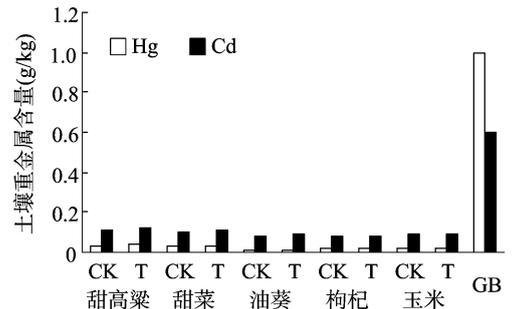


图 4 种植不同作物后土壤重金属 Hg、Cd 的含量

2.4 连续改良 4 年的碱化土壤重金属含量跟踪监测

连续改良 4 年的碱化土壤是指第 1 年一次性施用脱硫废弃物,之后 3 年不再施用脱硫废弃物的土壤。针对同一示范地,进行了连续 4 年跟踪监测,由图 5、图 6 结果可知,土壤中 5 种重金属含量的变化并不随改良年限的增加呈有规律的升高或降低趋势,总的变化趋势是连续改良 4 年后的土壤重金属含量略高于或接近改良前土壤重金属含量。具体表现为改良 1 年后,除 As 相对于对照略有增加外,其余 4 种重金属元素含量均有所降低;改良 2 年后,As 含量降低到了对照水平,Pb 含量继续下降,Cr 含量上升并接近对照水平,Hg 含量有所回升但仍低于对照,Cd 含量相对于改良 1 年增加了将近一倍,高于对照;改良 3 年后,As 元素含量维持在改良 2 年的水平,Pb 含量升高但仍低于对照,Cr 含量略有下降,Hg 含量的升高水平已大于对照,Cd 含量降至低于对照水平;改良 4 年后,As、Cr、Hg 元素含量基本恢复到对照水平,Pb、Cd 含量略高于对照或与对照相当;尽管施用脱硫废弃物改良碱化土壤中造成了重金属含量的不规律变化,但连续 4 年的跟踪结果表明,土壤中 5 种重金属含量远远低于国家土壤环境质量二级标准(GB 15618—1995《土壤环境质量标准》)(图 5、图 6)。

3 讨论

与石膏相比,脱硫废弃物具有投资小、成本低等优点,近

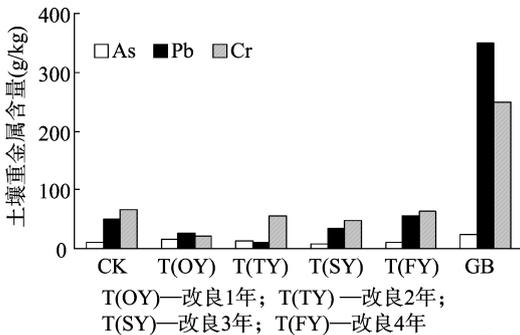


图5 不同年际内土壤重金属 As、Pb、Cr 的含量

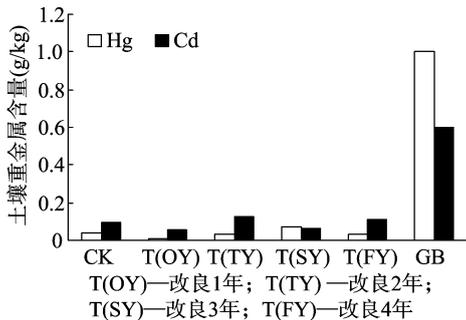


图6 不同年际内土壤重金属 Hg、Cd 的含量

近年来已被许多研究者用来改良盐碱地和酸性土壤,取得了见效快、改良效果显著等社会效应。但在施用脱硫废弃物改良土壤的过程中,会将一些重金属元素带入土壤,可能会导致土壤环境和作物安全等问题。为使脱硫废弃物的利用在产生社会效应的同时,最大化带来生态效应和环境效应,真正实现脱硫废弃物的工农业良性循环,分析评价其对土壤环境和作物安全的影响很重要。已有文献报道,仅选用某一种类型土壤进行脱硫废弃物改良碱化土壤种植玉米^[13]、紫花苜蓿^[14]、枸杞^[15]的田间试验,也有改良次生盐渍化土壤种植油葵的田间试验^[16],也有改良酸性土壤种植紫花苜蓿的田间试验^[17]和种植豆科作物的盆栽试验^[18],这些研究结果均表明脱硫废弃物的施用没有引起土壤重金属污染。本试验系统地研究了施用脱硫废弃物对不同类型土壤重金属含量、对种植不同作物条件下土壤重金属含量以及对不同年际土壤重金属含量变化的影响,结果表明脱硫石膏中重金属含量低于 GB 8173—1987《农用粉煤灰中污染物控制标准》和 GB15618—1995《土壤环境质量标准》,施用脱硫废弃物后处理组土壤中 5 种重金属元素含量与对照组无明显差异。连续 4 年的跟踪监测试验也说明,土壤中重金属元素含量并不随改良年限的增加而呈有规律的变化。总之,在碱化土壤中施用 $22.50 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ 的脱硫废弃物以及在盐化土壤和次生盐渍化土壤中施用 $6.0 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ 的脱硫废弃物没有引起土壤重金属元素含量变化,脱硫废弃物在宁夏农业上的资源化利用是安全的。

施用脱硫废弃物没有造成土壤环境的污染,也没有引起作物中重金属元素含量超标(数据未发表)。重金属元素随添加的脱硫废弃物而进入了土体,并发生了迁移和重新分布,

检测结果表明土壤中重金属含量并未超过国家相关标准,其原因可能与脱硫废弃物能降低土壤对重金属的吸附有关^[19]。为了从根本上解释土壤环境和作物安全问题,还需进一步开展施用脱硫石膏引起土壤重金属的形态、分布、迁移及其稳定固定重金属机理等相关研究。

参考文献:

- [1] Clark R B, Ritchey K D, Baligar V C. Benefits and constraints for use of FGD products on agricultural land[J]. Fuel, 2001, 80(6): 821 - 828.
- [2] 任 晶, 蔡德利, 张有利. 燃煤烟气脱硫废弃物对大庆市盐碱土的改良效果[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2010, 22(1): 17 - 20.
- [3] 李焕珍, 徐玉佩, 杨伟奇, 等. 脱硫石膏改良强度苏打盐渍土效果的研究[J]. 生态学杂志, 1999, 18(1): 26 - 30.
- [4] 陈 欢, 王淑娟, 陈昌和, 等. 烟气脱硫废弃物在碱化土壤改良中的应用及效果[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 38 - 42.
- [5] 罗成科, 肖国举, 张峰举, 等. 脱硫石膏改良中度苏打盐渍土施用量的研究[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(3): 44 - 48.
- [6] 李 彦, 衣怀峰, 赵 博, 等. 燃煤烟气脱硫石膏在新疆盐碱土壤改良中的应用研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(7): 1682 - 1685.
- [7] 李晓娜, 张 强, 陈明昌, 等. 不同改良剂对苏打碱土磷有效性影响的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 71 - 74.
- [8] 邵玉翠, 任顺荣, 廉晓娟, 等. 盐渍化土壤施用有机物-脱硫石膏改良剂效果的研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 175 - 178, 183.
- [9] 李淑仪, 蓝佩玲, 徐胜光, 等. 燃煤烟气脱硫副产物在酸性土壤上施用的效果[J]. 生态环境, 2003, 12(3): 263 - 268.
- [10] 王 英, 段鹏选, 张 晔. 烟气脱硫石膏的基本性能研究[J]. 中国水泥, 2009(1): 60 - 63.
- [11] 王吉智, 宁夏农业勘察设计院. 宁夏土壤[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1990.
- [12] 肖国举, 罗成科, 张峰举, 等. 燃煤电厂脱硫石膏改良碱化土壤的施用量[J]. 环境科学研究, 2010, 23(6): 762 - 767.
- [13] 李跃进, 乌力更, 芦永兴, 等. 燃煤烟气脱硫副产物改良碱化土壤田间试验研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(z1): 10 - 15.
- [14] Wang S J, Chen C H, Xu X C, et al. Amelioration of alkali soil using flue gas desulfurization byproducts: productivity and environmental quality[J]. Environmental Pollution, 2008, 151(1): 200 - 204.
- [15] 李 茜, 孙兆军, 魏耀峰, 等. 施用脱硫废弃物对枸杞生长及重金属含量的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 355 - 357.
- [16] 张峰举, 肖国举, 罗成科, 等. 脱硫石膏对次生碱化盐土的改良效果[J]. 河南农业科学, 2010(2): 49 - 53.
- [17] Chen L, Dick W A, Nelson S. Flue gas desulfurization by-products additions to acid soil: alfalfa productivity and environmental quality [J]. Environmental Pollution, 2001, 114(2): 161 - 168.
- [18] 徐胜光, 蓝佩玲, 廖新荣, 等. 燃煤烟气脱硫副产物的重金属环境行为[J]. 生态环境, 2005, 14(1): 38 - 42.
- [19] 童泽军, 李取生, 周永胜. 烟气脱硫石膏对滩涂围垦土壤重金属解吸及残留形态的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2172 - 2176.