

功能性材料对玉米和大豆吸收土壤重金属的影响

郭思岩, 景生鹏

(甘肃省国土资源规划研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 通过室内盆栽实验, 研究了粉煤灰、沸石、腐殖酸和保水剂等功能性材料对玉米、大豆吸收重金属 Pb、Cd 的影响。结果表明, 供试功能性材料能有效降低玉米、大豆对重金属污染土壤中重金属 Pb、Cd 的吸收, 复合材料效果优于单个材料, 复合材料以粉煤灰+保水剂+腐殖酸+沸石、粉煤灰+保水剂+腐殖酸为最佳。

关键词: 功能性材料; 重金属; Pb; Cd; 玉米; 大豆; 影响; 研究

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)08-0040-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.010)

Study on the Effects of Functional Materials on Heavy Metal in Corn and Soybean

GUO Siyan, JING Shengpeng

(Gansu Institute of Land Resources Planning and Research, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: In this study, the effects of functional materials such as fly ash, zeolite, humic acid and water retaining agent on the absorption of heavy metals Pb and Cd in maize and soybean are studied by pot experiments. The result shows that the tested functional materials can effectively reduce the absorption of corn, soybean on heavy metals in Pb contaminated soil and Cd, the effect is better than that of single composite materials, composite materials with fly ash + water retention agent + humic acid + zeolite, fly ash + water retention agent + humic acid is the best insurance agent.

Key words: Functional materials; Heavy metals; Pb; Cd; Corn; Soybean; Effects; study

在我国西北地区, 由于土质疏松风沙大, 造成大量的土壤沙化, 同时土壤中金属污染加剧,

而且这种趋势还在不断的加大^[1]。这给我国农业生态可持续发展造成严重的影响, 大大制约了西

收稿日期: 2017-06-15

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项“西北干旱区窑洞和地坑院村庄土地复垦整理技术集成与示范项目”(201111015-02)。

作者简介: 郭思岩(1980—), 女, 山西夏县人, 工程师, 主要从事国土资源规划工作。联系电话: (0)13649319028。E-mail: gslzgsy@126.com。

- going places [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67 (21): 2318-2331.
- [23] DEL RIO D, STEWART A J, PELLEGRINI N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress [J]. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 2005, 15(4): 316-28.
- [24] NAYER M, REZA H. Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties [J]. *World Applied Sciences Journal*, 2008, 3 (3): 448-453.
- [25] LEHNINGER A, NELSON D, COX M M. Principles of biochemistry [M]. New York: W. H. Freeman. 2000.
- [26] SALADIN G, CLEMENT C, MAGNE C. Stress effects of flumioxazin herbicide on grapevine (*Vitis vinifera* L.) grown in vitro [J]. *Plant Cell Rep.*, 2003, 21: 1221-1227.
- [27] 孟凤, 郁松林, 郑强卿, 等. 外源甜菜碱对葡萄幼苗抗高温胁迫能力的影响 [J]. *果树学报*, 2008, 25(4): 581-584.
- [28] 惠竹梅, 房玉林, 郭玉枝, 等. 水分胁迫对葡萄幼苗 4 种主要生理指标的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2007, 25(3): 146-149.

(本文责编: 杨杰)

北部的农业经济发展。功能性材料是一些具有特殊化学特性和功能材料,种类多、应用广泛。部分功能性材料作为退化土壤和污染土壤的改良剂,具有改善土壤结构、土壤水分、土壤肥力、土壤重金属污染的生态环境功能,称为生态环境功能材料,如沸石、保水剂、腐殖酸、粉煤灰等。沸石是一种架状构造的由碱金属和碱土金属构成的含水的铝硅酸盐矿物,天然沸石由于具有很强的吸附能力,分子中具有独特的孔道结构以及孔道中含有大量可用于交换的阳离子,使沸石具有很高的选择性阳离子交换性能,其中改进型的Na型沸石对重金属Pb、Cd的吸附值尤为明显^[2-3]。保水剂(SAP)具有良好的絮凝性,能和水中悬浮的固体颗粒相结合^[4]。腐殖酸是复杂的、分子量不均一的羟基苯羧酸的混合物^[5],其表面积大,粘度较高,吸附力强^[6],同时腐殖酸水溶肥对植物生长有良好的促进作用^[7]。粉煤灰是沙粒和粘粒的组成结构,在重金属污染土壤中使其具有超强的自净能力,且具有储量丰富、价格低廉、高的比表面积、良好的化学机械稳定性、特殊的晶层结构、良好的环境兼容性等优点^[8],近年来受到国内外学者的重视,开展了大量将其应用于重金属污染土壤修复的研究^[9-10]。

Pb不是植物生长发育的必需元素,当Pb被动的进入植物根、树皮或叶片后,积累在根、茎和叶片中,使根细胞的有丝分裂缓慢,直接影响细胞的代谢作用,引发活性氧对代谢酶系统的破坏作用,进而影响植物的生长发育,使植物受害,严重的会使植物根冠膨大变黑、腐烂,甚至枯萎、死亡^[11-12]。Cd是危害植物生长发育的有害元素,土壤中过量的Cd会对植物生长发育产生明显的危害,Cd胁迫时会破坏叶片的叶绿素结构,降低叶绿素含量,叶片发黄,严重时几乎所有叶片都出现褪绿现象,导致叶绿素严重缺乏^[13]。为了适应现代农业的发展^[14],我们采用盆栽实验的方法,选取不同的功能性材料,通过测定玉米、大豆植物生长过程中对土壤中重金属的吸附量,研究了不同功能性材料对土壤重金属的固化作用,为重金属污染土壤的治理提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试土壤取自甘肃省庆阳市西峰区项目示范区田间表土。供试功能性材料包括粉煤灰(FM),由91%的粉沙粒和9%的粘粒组成,表面颜色为灰色,pH为8.3,山西大同煤矿集团有限公司提供;保水剂(SAP),经高纯度聚丙烯酸盐(钾盐)和聚丙烯酰胺通过多反应官能团的交联剂进行网状化反应而成的阴离子强吸水性聚合物,由法国SNF公司提供;沸石(FS)矿物,沸石(主要以斜发沸石为主)占90%,蒙脱石占8%,石英占2%,粒度为100目,河南信阳淮业矿物有限公司提供;褐煤,腐殖酸(HA)约占8%,内蒙古霍林河煤业集团有限责任公司提供。指示大豆品种为台湾292(中国农业科学研究院提供)、玉米品种纪元1号(河北新纪元种业有限公司提供)。

1.2 实验设计

在温室内进行盆栽实验。Pb、Cd为复合材料,Pb、Cd含量分别为500 mg/kg、20 mg/kg,以Pb(NO₃)₂、CdCl₂·2.5H₂O分析纯化学试剂均匀加入(表1),各功能材料按占土壤的比例:粉煤灰5%、腐殖酸0.005%、保水剂0.1%、沸石1%加入即可,7个处理外加一个空白,共8个处理,重复3次,两种作物总计48盆。

先将供试土壤经自然风干、捣碎、剔除杂物后过2 mm筛,加入尿素0.5 g/kg、磷酸二铵0.3 g/kg混匀后装盆。每盆装土7 kg,每盆播种供试作

表1 实验材料及设计

处理	功能性材料	Pb用量 (mg/kg)	Cd用量 (mg/kg)
F ₁	粉煤灰+保水剂+腐殖酸+沸石	500	20
F ₂	沸石+腐殖酸+保水剂	500	20
F ₃	粉煤灰+保水剂+腐殖酸	500	20
F ₄	腐殖酸	500	20
F ₅	保水剂	500	20
F ₆	粉煤灰	500	20
F ₇	沸石	500	20
F ₈	空白对照	500	20

物3穴,每穴2株,苗齐后每盆保苗3株。盆栽水分控制在最大持水量的100%,隔天称盆重,并记录重量。田间持水量下降到50%左右时浇水至最大持水量,准确记录每次浇水量。浇水时间为8:00时以前,或17:00时以后,并记录温室的温湿度,保证温室正常的温湿度。玉米和大豆生长中期(生长50~60d)取样,每盆取2株供室内分析测定重金属含量。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 测定指标 每次测溶液中重金属浓度及植物样品处理后的重金属含量。

1.3.2 测定方法 采用干灰化法,用质谱吸收仪ICP-MS(ppb)测定重金属含量。

1.3.3 标准曲线 采用Pb、Cd混标。Pb标液用硝酸铅、Cd标液用氯化镉分别配制(0、20、60、100、140、180、200 ng/mL)。

1.3.4 样品处理 剪掉植物根上部分,75℃下烘干24h后称重记录。用50 mL瓷坩埚可调节电炉碳化直至无烟,放入马弗炉在500℃下灰化8h以上,取出后用硝酸(1:5)进行溶解,溶不掉的用硝酸+高氯酸(1+1)在电炉上加热溶解。然后用滤膜(0.22~0.48)过滤,25 mL容量瓶定容,转入25 mL塑料方盒中4℃下保存待测。用ICP-MS测定样液中Pb、Cd含量,在测定过程中要间隔性的回测。样品中Pb、Cd的计算公式如下。

$$X = \frac{(C_1 - C_0) \times V \times 1000}{m \times 1000}$$

公式中, X 为试样中Pb、Cd含量(ug/kg), C_1 为测定样液中Pb、Cd含量(ng/mL), C_0 为空白液中Pb、Cd含量(ng/mL), V 为试样消化液体积(mL), m 为试样质量(g)。

1.4 数据分析

数据录入采用Excel,统计分析采用SPSS 13.0,考虑95%的置信水平,进行LSD单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同功能性材料对玉米吸收重金属Pb、Cd的影响

在重金属污染土壤中种植玉米会使得玉米茎叶和籽粒中吸收大量的重金属元素,给人们的健康和食品安全造成威胁。从表2可以看出,不同材料组合处理对玉米地上部分吸收重金属元素、Cd的剂量的影响不同。其中对重金属元素Pb的吸收效果以组合材料F₁处理最好,Pb含量较对照F₈处理下降了69.5%;其次是组合材料F₂,较对照F₈处理下降了66.9%。F₅处理是单一材料处理中对重金属元素Pb的固化效果最明显的,重金属元素Pb含量较对照F₈下降了70.5%;其次是F₆处理,较对照F₈处理下降了65.5%。相对来说,单个材料F₇处理、F₄处理效果不是很明显,较对照F₈处理分别下降5.13%和8.43%。对Cd的吸收

表2 功能性材料对玉米吸收重金属Pb、Cd的影响

处理	干重/g	测定值 C_1 /(ng/g)		实际含量 X /(ug/g)	
		Pb含量	Cd含量	Pb含量	Cd含量
F ₁	0.507 1	72.55 ± 6.55	347.00 ± 30.23	3.577 ± 0.323	17.107 ± 1.490
F ₂	0.56	87.07 ± 5.88	323.40 ± 27.13	3.887 ± 0.262	14.438 ± 1.211
F ₃	0.445 7	102.80 ± 9.24	228.80 ± 10.50	5.766 ± 0.518	12.834 ± 0.589
F ₄	0.310 8	133.70 ± 11.02	302.50 ± 17.25	10.755 ± 0.886	24.332 ± 1.388
F ₅	1.128	156.40 ± 6.00	508.40 ± 21.28	3.466 ± 0.133	11.268 ± 0.472
F ₆	0.880 1	142.70 ± 7.71	719.10 ± 22.36	4.054 ± 0.219	20.472 ± 0.635
F ₇	0.273 5	121.90 ± 10.65	326.70 ± 11.70	11.143 ± 0.973	29.863 ± 1.069
F ₈	0.406 3	190.90 ± 11.24	1 149.00 ± 8.88	11.746 ± 0.691	70.699 ± 0.546

效果以组合材料 F₃ 处理最好, 较对照 F₈ 处理下降了 81.8%; 其次是组合材料 F₂ 处理, 较对照 F₈ 处理下降了 79.6%。单个材料仍然是 F₅ 处理效果明显, 较对照 F₈ 处理下降了 84.1%。总体看来, 各功能性材料的加入均使得玉米对重金属元素 Pb、Cd 的吸收有所下降。单个材料 F₅ 处理的效果最好, 组合材料 F₃ 处理、F₂ 处理、F₁ 处理其次。由此可以看出, 化学改良材料的加入对土壤中重金属元素 Pb、Cd 有良好的固化作用, 可以有效地减少植物对重金属元素的吸收。而且, 单个材料中 F₅ 处理(保水剂)的固化效果好, 复合材料中 F₃ 处理(粉煤灰、腐殖酸和保水剂的混合体)效果明显, 可以有效地减少玉米对重金属 Pb、Cd 的吸收。

2.2 不同功能性材料对大豆吸收重金属 Pb、Cd 的影响

大豆对土壤中重金属的吸收明显, 尤其是对 Cd 的吸收, Cd 主要集中在大豆的茎叶部分。由表 3 可以看出, 与玉米上的测定结果总体趋势一致, 复合材料 F₁ 处理下的大豆对土壤中重金属元素 Pb 的吸收效果最好, 较对照 F₈ 处理下降了 76.3%; 其次是复合材料 F₂ 处理、F₃ 处理, 较对照 F₈ 处理分别下降了 69.3%和 68.8%。单个材料中效果明显的是 F₅ 处理和 F₇ 处理, 较对照 F₈ 处理分别下降了 69.2%和 71.3%。对 Cd 含量的影响效果复合材料 F₃ 处理效果最为明显, 较对照 F₈ 处理下降了 54.5%; 单个材料 F₅ 处理效果明显, 较对照 F₈ 处

理下降了 57.8%。其它单个材料和组合材料均对土壤中重金属元素 Pb、Cd 有一定的固化效果, 对大豆吸收土壤中重金属元素有效的抑制作用。总体看来, 保水剂和沸石是单材料中对土壤中重金属固化效果最好的, 复合材料中依然是 F₁ 处理、F₃ 处理(粉煤灰、腐殖酸和保水剂混合体)的效果最好。

3 结论与讨论

研究表明, 在单个功能性材料中, 保水剂降低玉米和大豆中 Pb、Cd 含量的效果明显好于加入其他单个材料; 其次是沸石。复合材料对 Pb、Cd 的吸收效果从大到小依次为粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸、粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸 + 沸石、沸石 + 腐殖酸 + 保水剂, 其中对玉米 Pb、Cd 吸收量最好的是粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸, 对大豆 Pb、Cd 吸收量最好的是粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸 + 沸石, 其次是粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸。总之, 复合材料的效果优于单材料, 而复合材料中以粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸 + 沸石、粉煤灰 + 保水剂 + 腐殖酸最佳。

参考文献:

- [1] 陈志良. 镉污染对生物有机体的危害及防治对策[J]. 环境保护科学, 2001, 27(4): 37-39.
- [2] MORENO J L. Effects of a cadmium-contaminated Sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil[J]. Biology and Fertility of

表 3 功能性材料对大豆吸收重金属 Pb、Cd 的影响

处理	干重/g	测定值 C ₁ /(ng/g)		实际含量 X /(ug/g)	
		Pb含量	Cd含量	Pb含量	Cd含量
F ₁	0.448 5	56.66 ± 4.66	206.50 ± 11.08	3.158 ± 0.260	11.511 ± 0.617
F ₂	0.328 9	53.79 ± 4.83	192.30 ± 13.23	4.089 ± 0.367	14.617 ± 1.005
F ₃	0.293 5	48.76 ± 4.20	115.90 ± 9.36	4.153 ± 0.343	9.872 ± 0.797
F ₄	0.382 5	93.89 ± 4.00	222.70 ± 7.89	6.137 ± 0.261	14.556 ± 0.516
F ₅	0.260 7	42.79 ± 6.57	95.50 ± 8.61	4.103 ± 0.630	9.158 ± 0.825
F ₆	0.206 5	51.26 ± 4.77	108.00 ± 10.20	6.206 ± 0.557	13.075 ± 1.235
F ₇	0.307 4	46.91 ± 6.63	174.10 ± 11.38	3.815 ± 0.539	14.159 ± 0.925
F ₈	0.277 9	147.90 ± 3.81	241.20 ± 9.23	13.305 ± 0.343	21.698 ± 0.831

种植密度对甘农5号苜蓿种子产量的影响

柴连生¹, 雷荣深², 周 丰², 柴小琴²

(1. 甘肃省张家川回族自治县龙山镇农业服务中心, 甘肃 张家川 741500; 2. 甘肃省天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000)

摘要: 对引进的苜蓿品种甘农5号进行了种植密度试验, 观察了密度对其产量构成因素及产量的影响, 结果表明, 密度对株高、一级分枝、结荚花序数和荚果数的影响较大, 对籽粒数和千粒重影响较小。在试验设计的密度范围内, 甘农5号苜蓿种子产量随种植密度的增加先上升后下降, 当密度为82 530株/hm²时产量达到最高。产量与构成因素间的相关分析表明, 结荚花序数、荚果数、籽粒数及千粒重均与种子产量呈正相关, 其相关系数分别为0.20, 0.39, 0.14, 0.53。甘农5号苜蓿获得较高种子产量的种植密度为82 530株/hm², 即行距60 cm、株距30 cm。

关键词: 甘农5号; 紫花苜蓿; 种植密度; 种子产量

中图分类号: S 551

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2017)08-0044-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.011)

紫花苜蓿是多年生优良豆科牧草, 种植历史悠久, 不仅是优质的饲料作物, 也是优良观赏植物。甘肃省是苜蓿种植大省, 目前全省苜蓿种植面积达60万多hm², 占全国种植面积的38%, 始终位居全国之首。天水市位于甘肃东南部, 自然

条件和地理条件适合紫花苜蓿生长, 近几年来, 随着农业产业结构的战略性调整, 天水市把发展草食畜牧业作为建设“畜牧大市, 草业强市”的突破口来抓, 使草食畜牧业有了较快的发展, 草产业基地基本建成。紫花苜蓿作为天水市草业发展

收稿日期: 2017-03-14

基金项目: 天水市科技支撑资助项目“甘农5号紫花苜蓿新品种引进及利用技术研究”部分内容。

作者简介: 柴连生(1964—), 男, 甘肃天水人, 农艺师, 主要从事农业技术推广工作。联系电话:(0)15379381530。

通信作者: 柴小琴(1963—), 女, 甘肃天水人, 高级农艺师, 主要从事紫花苜蓿育种及栽培技术研究, 联系电话:(0)13830817383。E-mail: ts_cxq@163.com。

Soil, 1999, 28(3): 230-237.

[3] 张云琦, 张 继. 天然沸石对重金属阳离子吸附性能的研究[J]. 中国饲料, 1998(10): 24.

[4] 马焕成, 罗质斌, 陈义群, 等. 保水剂对土壤养分的报蓄作用[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 404-407.

[5] 刘广余, 李吉进. 沸石在复混肥中的作用与应用[J]. 华北农学报, 1998, 13(2): 93-97.

[6] HIDESHI SEKI, AKIRA SUZUKI. Adsorption of heavy metal ions onto insolubilized humic acid[J]. Colloid and Interface Science, 1995, 171: 490-494.

[7] 王建成, 车宗贤. 腐殖酸水溶肥喷施量对番茄的影响[J]. 甘肃农业科技, 2014(8): 56-60.

[8] KRISHNA G B, SUSMITA S G. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2008, 140(2): 114-131.

[9] 杭小帅, 周健民, 王火焰, 等. 粘土矿物修复重金属污染土壤[J]. 环境工程学报, 2007, 1(9): 113-120.

[10] 刘保峰. 土壤腐殖酸及其对重金属化学与生物行为的影响[G]//农业部环境监测总站. 全国耕地土壤污染监测与评价技术研讨会论文集. 天津: 农业部环境监测总站, 2006: 188-193.

[11] 张夫道. 中国土壤生物演变及安全评价[M]. 北京: 中国农业出版社出版, 2006: 9.

[12] 王慧忠, 何翠屏. Pb对草坪植物生物量与叶绿素水平的影响[J]. 草业科学, 2003, 20(6): 73-75.

[13] LAGERWERFF J V. Uptake of cadmium lead and zinc by radish from soil and air[J]. Soil Science, 1971, 111: 129-133.

[14] 展宗冰. 试论黄土丘陵沟壑区(庄浪)发展现代农业[J]. 甘肃农业科技, 2015(12): 34-37.

(本文责编: 杨 杰)