



# 重金属吸附材料的用量在不同质地土壤中的吸附效果

黄东亚,栗 婷,任晓姣,宋 琪,杨 雍

(西安市农产品质量安全检验检测中心,陕西 西安 710077)

**摘要:**为确定重金属吸附材料最佳加入量在不同质地土壤中的吸附效果,通过对比分析,探讨了不同用量重金属吸附材料在不同质地(酸性壤土、碱性壤土、砂壤土)不同镉镍污染土壤中的吸附效果。结果表明:重金属吸附材料在酸性壤土、碱性壤土、砂壤土中对镉元素吸附的最佳加入量均为土壤质量的0.9%,镍元素吸附的最佳加入量均为土壤质量的1.2%;吸附材料对不同质地土壤中镉、镍的吸附效果不同,砂壤土明显高于壤土。

**关键词:**加入量;土壤质地;吸附效果

随着社会的快速发展,城市化、工业化随之产生的大量污染物已经严重影响了人类的生存发展。农药及化肥的广泛使用,造成了农田土壤重金属污染越来越严重,因为重金属污染造成的粮食损失多达 $1.2 \times 10^6$  t,经济损失至少达200亿<sup>[1]</sup>。重金属污染土壤的修复技术也成为近年来的研究热点。修复技术主要包括物理、化学、生物、农业生态和联合修复技术<sup>[2]</sup>。本试验中的吸附材料为一种复合材料,以硅胶为无机刚性骨架,聚合胺脂类有机物键合,可与活性的重金属离子发生螯合作用,将其固定,达到去除重金属离子的目的。重金属元素因为土壤条件不同,存在的形态就有差异,吸附材料的吸附效果也就受到影响<sup>[3]</sup>,本文主要通过实验室土培试验比较不同用量重金属吸附材料在不同质地不同镉镍污染土壤的吸附效果研究,旨在探讨不同质地土壤中重金属吸附材料的适宜用量,为其科学使用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 标准溶液 100 mg·L<sup>-1</sup> Cd<sup>2+</sup>及100 mg·L<sup>-1</sup> Ni<sup>2+</sup>标准储备液,由农业部环境保护科研监测所研制的有证标准物质。

1.1.2 吸附材料 陕西厚亿节能环保新材料科技有限公司生产的一种复合材料,以硅胶为无机

刚性骨架,聚合胺脂类有机物键合,可与活性的重金属离子发生螯合作用,将其固定,达到去除重金属离子的目的。

1.1.3 土壤 取自陕西的3种土壤,试验所用土壤采自地表40 cm以下,以减少耕层土壤有机质等的影响,编号为T1、T2、T3(表1)。

表1 原始土壤情况

Table 1 The condition of original soils

编号 No.	土壤来源 Origin	pH	总镉/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	总镍/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
			Total Cd	Total Ni
T1	西安市周至县	6.79	0.1602	20.31
T2	西安市高陵区	8.02	0.2817	25.63
T3	西安市北郊渭河湿地	7.79	0.1269	26.91

以T1、T2、T3为来源,分别进行浓度梯度处理,去除土壤背景值按使土壤全镉/镍含量分别0.5 mg·kg<sup>-1</sup>/5.0 mg·kg<sup>-1</sup>、1.0 mg·kg<sup>-1</sup>/10.0 mg·kg<sup>-1</sup>、1.5 mg·kg<sup>-1</sup>/15.0 mg·kg<sup>-1</sup>、2.0 mg·kg<sup>-1</sup>/20.0 mg·kg<sup>-1</sup>的量添加CdSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O和Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O试剂,混合均匀并老化90 d,编号依次为TS1~TS12,这12个土壤作为实验室土培试验供试土样。

1.1.4 仪器 原子吸收分光光度计,美国VARIAN公司,型号EL06073267。

### 1.2 方法

1.2.1 不同用量重金属吸附材料对相同质地不同镉镍污染土壤的吸附效果 取混合均匀的供试土样TS1~TS8各1.5 kg,加入重金属吸附材料充分混匀装到塑料盆(直径10 cm,高20 cm)中。加入重金属吸附材料的质量为土样质量的0.3%、

收稿日期:2018-03-28

基金项目:西安市科技创新支持计划资助项目[NC1504(5)]。

第一作者简介:黄东亚(1970-),女,学士,农艺师,从事农产品质量安全检测工作。E-mail:109431624@qq.com。

通讯作者:杨雍(1982-),男,学士,高级农艺师,从事农产品质量安全检测工作。E-mail:11056189@qq.com。

0.5%、0.7%、0.9%、1.2%、1.4%。0.3%加入比不做镍处理,1.4%加入比不做镉处理。每个处理3次重复,测定吸附前后交换态镉、镍含量,同时测定土壤 pH。数据取 3 次重复的平均值。

1.2.2 相同用量重金属吸附材料对不同质地不同镉镍污染土壤的吸附效果 取混合均匀的供试土样 TS1~TS12 各 1.5 kg,加入重金属吸附材料充分混匀装到塑料盆中。加入重金属吸附材料的质量为土样质量的 0.9%。每个处理 3 次重复,测定吸附前后交换态镉、镍含量,数据取 3 次重复的平均值。

1.2.3 测定项目及方法 采集盆中土样,风干过 200 目筛。交换态镉、镍以 pH7 的 1 mol·L<sup>-1</sup> MgCl<sub>2</sub>溶液浸提,采用石墨炉原子吸收分光光度计进行定量分析。检测土壤样品中的交换态镉及交换态镍。实验室用水为超纯水。

1.2.4 数据分析 土壤重金属基本统计参数采用 SPSS 17.0 进行分析,其它数据的处理采用 Excel 2007 进行处理分析。

吸附材料的吸附率(%) = (C<sub>0</sub> - C)/C<sub>0</sub> ×

100,C<sub>0</sub> 为吸附前土壤重金属浓度(mg·kg<sup>-1</sup>),C 为吸附后土壤重金属浓度(mg·kg<sup>-1</sup>)。

2 结果与分析

2.1 不同吸附材料加入量在酸性壤土及碱性壤土中的吸附效果

相同质地土壤随着吸附材料加入量的变化,吸附率存在明显差异。TS1~TS8 属于壤土。水溶性镉元素浓度从 0.021 1~0.102 3 mg·kg<sup>-1</sup>,吸附材料加入比从 0.3%~1.2%,吸附率随吸附材料加入量的增加而增加,镉元素吸附率从 27.7%增加到 74.2%,吸附材料加入量增加到 0.9%时,吸附率增加不明显;水溶性镍浓度 2.436 9~3.862 5 mg·kg<sup>-1</sup>,吸附材料加入比 0.5%~1.4%,吸附率随吸附材料加入量的增加而增加,镉元素吸附率从 36.5%增加到 73.6%,吸附材料加入量增加到 1.2%时,吸附率增加不明显;吸附材料对镉元素的吸附效果稍好于对镍元素的吸附效果(表 2、表 3)。

表 2 加入不同量吸附材料后重金属浓度

Table 1 Heavy metal adsorption with different amounts of adsorbed material

土壤编号 Soil No.	重金属类型 Heavy metal type	重金属浓度/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Concentration of heavy metall						
		0	0.3%	0.5%	0.7%	0.9%	1.2%	1.4%
TS1	Cd	0.0356	0.0214	0.0155	0.0144	0.0100	0.0092	/
	Ni	2.6842	/	1.5890	1.5407	1.0034	0.8106	0.7704
TS2	Cd	0.0654	0.0420	0.0286	0.0259	0.0186	0.0179	/
	Ni	3.2354	/	1.6306	1.6080	1.0709	0.7959	1.0224
TS3	Cd	0.0965	0.0581	0.0444	0.0384	0.0291	0.0280	/
	Ni	3.5469	/	1.9402	1.5997	1.3904	0.9896	0.9364
TS4	Cd	0.1023	0.0620	0.0426	0.0436	0.0267	0.0292	/
	Ni	3.8625	/	1.9235	2.7278	1.3210	1.1472	1.1240
TS5	Cd	0.0211	0.0148	0.0109	0.0093	0.0062	0.0059	/
	Ni	2.4369	/	1.4139	1.2648	1.1234	0.7359	0.8310
TS6	Cd	0.0354	0.0255	0.0179	0.0169	0.0118	0.0113	/
	Ni	2.9112	/	1.6885	1.4381	1.1761	0.8006	0.8472
TS7	Cd	0.0512	0.0370	0.0258	0.0236	0.0167	0.0143	/
	Ni	3.1697	/	1.9082	1.4467	1.2108	1.0745	0.9731
TS8	Cd	0.0657	0.0473	0.0336	0.0297	0.0236	0.0218	/
	Ni	3.6589	/	2.3234	2.0197	1.3282	1.0684	0.9659

“/”指未做处理。  
\*/ indicate no treatment.

表 3 加入不同量吸附材料吸附重金属吸附率

Table 3 Adsorption rates of heavy metals with different amounts of adsorbed materials

土壤编号	0.3%	0.5%		0.7%		0.9%		1.2%		1.4%
Soil No.	Cd	Cd	Ni	Cd	Ni	Cd	Ni	Cd	Ni	Ni
TS1	39.9	56.5	40.8	59.6	42.6	71.9	61.5	74.2	69.8	71.3
TS2	35.8	56.3	49.6	60.4	50.3	71.6	66.9	72.6	75.4	68.4
TS3	39.9	54.0	45.3	60.2	54.9	69.8	60.8	71.0	72.11	73.6
TS4	39.4	58.4	50.2	57.4	47.5	73.9	65.8	71.5	70.3	70.9
TS5	29.8	48.3	42.0	55.9	48.1	70.6	53.9	70.2	69.8	65.9
TS6	30.0	49.4	45.9	52.3	50.6	66.7	59.6	68.1	72.5	70.9
TS7	27.7	49.6	39.8	53.9	54.4	67.3	61.8	72.1	66.1	69.3
TS8	28.0	48.9	36.5	54.8	44.8	64.0	63.7	66.8	70.8	73.6

2.2 吸附材料在壤土和砂壤土中的吸附效果

在本试验设计的浓度范围内，土壤 TS1～TS4;TS9～TS12 浓度依次递增，相同用量重金属吸附材料在不同镉、镍污染土壤的吸附效果差异不明显。土壤 TS1～TS4 质地为壤土，TS9～TS12 土壤质地为砂壤土，加入同量吸附材料对不同质地土壤中镉、镍的吸附效果不同，沙壤土明显高于壤土(图 3、图 4)。

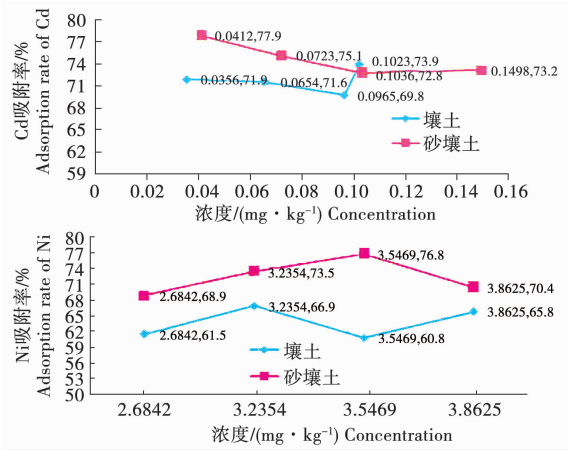


图 1 不同质地土壤加入不同浓度吸附材料对镉和镍的吸附率

Fig. 1 Adsorption rates of cadmium and nickel in different soils with different concentrations of adsorbent

3 结论

新型吸附材料对土壤重金属镉、镍的修复效果显著；一定范围内，随着吸附材料加入量的增加，

吸附率呈上升趋势，加到一定量时上升趋势不明显，重金属吸附材料在酸性壤土、碱性壤土、砂壤土中对镉元素吸附的最佳加入量均为土壤质量的 0.9%，镍元素吸附的最佳加入量均为土壤质量的 1.2%。吸附材料对镉元素的吸附效果稍好于对镍元素的吸附效果；在本试验设计的浓度范围内，相同用量重金属吸附材料对不同污染程度土壤的吸附效果差异不明显；加入同量吸附材料对不同质地土壤中镉、镍的吸附效果不同，砂壤土明显高于壤土。

参考文献：

[1] Wu G, Kang H B, Zhang X Y, et al. A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: Issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 174(1-3): 1-8.

[2] 樊霆, 叶文玲, 陈海燕, 等. 农田土壤重金属污染状况及修复技术研究[J]. 生态环境学报, 2013, 22(10): 1727-1736.

[3] 葛楠楠, 石芸, 杨宪龙, 等. 黄土高原不同土壤质地农田土壤碳、氮、磷及团聚体分布特征[J]. 应用生态学报, 2017, 28(5): 1626-1632.

[4] 雷凌明, 喻大松, 陈玉鹏, 等. 陕西泾惠渠灌区土壤重金属空间分布特征及来源[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 88-96.

[5] 宋伟, 陈百明, 刘琳. 中国耕地土壤重金属污染概况[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 293-298.

[6] 蒋秋萍. 渭河西安段沿岸土壤重金属污染特征及镉污染化学调控研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.

[7] 徐良将, 张明礼, 杨浩. 土壤重金属镉污染的生物修复技术研究进展[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2011, 34(1): 102-106.

[8] 马君贤. 重金属镉的环境污染化学[J]. 当代化工, 2007(2): 192-194.

Adsorption Effect of Heavy Metal Adsorption Materials in Different Texture Soils

HUANG Dong-ya, LI Ting, REN Xiao-jiao, SONG Qi, YANG Yong  
(Testing and Monitoring Center of Agricultural Products Quality and Security, Xi'an 710077, China)



# 煤炭腐植酸对土壤盐碱性及玉米灌浆期干物质积累的影响

顾鑫,任翠梅,杨丽,王丽娜,高国金,王兴柱,韩墨

(黑龙江省农业科学院 大庆分院,黑龙江 大庆 163316)

**摘要:**为实现盐碱土条件下煤炭腐植酸在玉米上的合理利用,采用田间小区试验,分别设置空白对照(CK)、单施化肥(T1)、低量煤炭腐植酸(T2)、中量煤炭腐植酸(T3)、高量煤炭腐植酸(T4)、低化肥与低量腐植酸配施(T5)6个处理,比较分析了各处理对土壤盐碱性和玉米灌浆期干物质积累的影响。结果表明:煤炭腐植酸能够明显降低土壤 pH 和土壤 EC,且降低幅度均随着腐植酸施用量的增多而增加。与 CK 处理相比,T4 处理使土壤 pH 降低了 1.83,使土壤 EC 降低了 20%,T3、T5 处理次之,T1、T2 处理作用效果不明显。施用化肥、腐植酸、化肥与腐植酸配施均能提高玉米灌浆期干物质积累。相比之下,T3 和 T5 处理玉米整株和籽粒的干物质量二者相当,却均显著高于其它处理( $P<0.05$ )。

**关键词:**煤炭腐植酸;盐碱性;玉米;灌浆期;干物质积累

土壤是农业生产的物质基础,是农作物生长的重要场所。玉米为我国主要的粮食作物之一,高产高效生产是促进农民增收的重要举措。土壤自身具有的营养物质往往不能满足作物的生长需求,人们往往通过精耕细作、灌溉施肥等补充措施来提高地力,达到培肥改良土壤、获得高产的目的。大多数化肥易溶解,施用于土壤很容易被作物吸收利用,然而,相关研究指出不科学地施用化肥不仅导致肥料利用率低、增加农民的成本,而且还会破坏土壤、造成土壤污染<sup>[1]</sup>。煤炭腐植酸是陆地上动、植物残骸经过微生物的分解转化,以及一系列化学过程而形成的带有多种官能团的高分子有机物<sup>[2]</sup>。煤炭腐植酸藏于煤矿,在我国资源丰富,一般呈酸性,颜色较深,施用于土壤能够吸收日光以提高地温,营养丰富、生理活性高,有利于提高土壤肥力<sup>[3]</sup>。李冉等<sup>[4]</sup>对小白菜盆栽试验

表明腐植酸提高了土壤中有有效磷和速效钾的活性。郭凌等<sup>[5]</sup>试验表明腐植酸能钝化土壤砷的活性,保证粮食安全。目前,关于煤炭腐植酸作为土壤调理剂的应用已见一些定性的报道<sup>[6-7]</sup>,而煤炭腐植酸对玉米干物质积累的影响方面研究仍有不足。为此,本文在前人研究基础之上,对比研究了化肥、低中高量煤炭腐植酸以及化肥与腐植酸配施对农田土壤盐碱性和玉米灌浆期各器官干物质积累的影响,以期探索玉米的高产高效栽培,同时实现煤炭腐植酸资源的合理利用,为土壤改良提供一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试煤炭腐植酸(Coal Humic Acids, HA)来源于黑龙江省萝北县新河口腐植酸褐煤露天矿;化肥为复合型专用肥(型号 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:28-12-10);作物为玉米(品种:先玉 335)。供试土壤和煤炭腐植酸的基本性质如表 1 所示。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2017 年在黑龙江省农

收稿日期:2018-04-15

基金项目:大庆市指导性科技计划资助项目(zd-2017-81)。

第一作者简介:顾鑫(1988-),男,硕士,研究实习生,从事土壤改良与土壤生态研究。E-mail:guxin88@yeah.net。

**Abstract:** In order to determine the best adsorption effect of heavy metal adsorption materials in different texture soils, comparative analysis was conducted. The adsorption effect of heavy metal adsorption materials in different materials(acidic loam, alkaline loam, sandy loam) with different cadmium and nickel contamination was discussed. The results showed that the best addition of cadmium in acid loam, alkaline loam and sandy loam was 0.9% of soil quality, and the best addition of nickel was 1.2% of soil quality. The adsorption of cadmium and nickel in different soils was different, and the sand soil was significantly higher than the loam soil.

**Keywords:** addition; soil texture; adsorption effects