



重金属吸附材料在不同浇灌方式和不同质地土壤中的吸附效果

汪庆华,彭圉凯,刘 君,蔡 欣,杨 雍

(西安市农产品质量安全检验监测中心,陕西 西安 710077)

摘要:为开发有效的土壤环境污染治理、修复技术,通过对比分析探讨了3种浇灌方式(A:土壤始终保持湿润状态;B:水灌透,但不溢出,待土壤干透时再灌水,依次循环;C:土表始终保持2 cm左右水层,放置7 d时间)及砂壤土、酸性壤土、碱性壤土中吸附材料吸附率的差异,研究不同灌溉方式及土壤质地对重金属吸附材料吸附效果的影响。结果表明:灌水方式C中吸附材料的吸附效果高于灌水方式A、B;相同灌水方式中,吸附材料对镉元素的吸附效果表现为砂壤土>酸性壤土>碱性壤土;吸附材料对镍元素的吸附效果表现为砂壤土>碱性壤土>酸性壤土。

关键词:浇灌方式;土壤质地;吸附材料

根据全国土壤污染状况调查,土壤重金属污染日趋严重,全世界平均每年排放到环境中的Hg约为 1.5×10^4 t, Pb约为 5×10^6 t, Ni约为 1.0×10^6 t,中国受Cd、As、Cr、Pb等金属污染土壤面积约占耕地面积的五分之一^[1]。重金属在土壤中具有普遍性、隐蔽性、表聚性、难降解性和不可逆性,使得重金属污染成为土壤各类污染中最

不易修复的一种^[2]。重金属修复技术主要分为两大类,一类就是改变重金属形态,使其从钝化状态变成可迁移态,利用物理、化学、生物等技术移出土壤,这类方法成本高,操作复杂;另一类就是使可迁移态重金属钝化留在土壤中,使其不能随植物进入食物链,此种方法较多,便于操作,成本小。本研究中使用新型重金属吸附材料是以硅胶为无机刚性骨架键合聚合胺脂类有机物构成的一种新型有机/无机复合功能材料,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,对交换态性镉、镍具有很好的吸附效果,成本小,操作简单。

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:汪庆华(1974-),男,畜牧师,从事农业环境及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。

Ecological Adaptability of Leaf Anatomical Structure of *Peganum harmala* in Different Habitats of Southern Xinjiang

REN Shang-fu

(Postgraduate Department of Kashgar University, Kashgar 844008, China)

Abstract: In order to explore the adaptation of the leaves of different groups of *Peganum harmala* plants to habitats in southern Xinjiang, we made slices with the paraffin section method, each material selected 5 fields of view, image processing using DMB5-223I-5 microscopy, and used Arcview 3.3 software to measure leaf, cuticle, epidermis, palisade and sponge tissue thickness. The results showed that there were significant differences in the leaf index. The *Peganum harmala* of L-1 among 3 groups had the biggest thickness including leaves, cuticle, upper epidermis, spongy tissue, the lower epidermis and lower stratum corneum. There was no significant difference between the different coefficient. L-2 had the maximum thickness of palisade tissue, and palisade spongy ratio up to 1.65. The leaf anatomical structure of *Peganum harmala* L. in different groups showed that significant differences of different environmental factors affecting the growth and development of *Peganum harmala* L. The *Peganum harmala* L. adaptability's order was as L-1>L-2>L-3 through the comparison of three populations, reflected that the survival strategy of plants adapt to the changing environment.

Keywords: *Peganum harmala*. ; leaf anatomical structure; ecological adaptability

本文取陕西西安 3 地土壤,通过实验室土培试验研究吸附材料在不同灌水方式及不同质地土壤中对土壤中重金属元素镉、镍的吸附效果。旨在为今后土壤环境污染治理、修复技术的开发以及拓展土壤修复系统的功能提供基础和科学依据,为生产符合标准的农产品,提高农产品的品质和质量,实现农业的可持续发展提供强有力的技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

- 1.1.1 标准储备液 100 mg·L⁻¹ Cd²⁺ 及 100 mg·L⁻¹ Ni²⁺,由农业部环境保护科研监测所研制。
- 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有机无机复合材料,对交换态镉、镍具有很好的吸附效果。
- 1.1.3 土壤 取自陕西周至、高陵、渭河湿地 3 地,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~T15,土壤质地、pH、总镉、总镍详见表 1。

表 1 参试土壤的理化性质及总镉、镍含量
Table 1 Physical and chemical properties of soil T1-T15 and total cadmium and nickel

土壤 编号 Soil No.	pH	Cd	Ni	土壤质地 Soil texture
		总浓度/ (mg·kg ⁻¹) Total Cd concentration	总浓度/ (mg·kg ⁻¹) Total Ni concentration	
T1	6.64	0.1419	30.24	酸性壤土
T2	6.73	0.098	17.56	酸性壤土
T3	6.79	0.1602	20.31	酸性壤土
T4	6.77	0.2198	18.96	酸性壤土
T5	6.86	0.0767	19.28	酸性壤土
T6	7.91	0.1028	30.24	碱性壤土
T7	8.00	0.2587	19.36	碱性壤土
T8	8.02	0.2817	25.63	碱性壤土
T9	8.05	0.2036	19.36	碱性壤土
T10	8.13	0.3021	16.24	碱性壤土
T11	7.69	0.2987	25.69	砂壤土
T12	7.35	0.1954	20.99	砂壤土
T13	7.85	0.5476	29.63	砂壤土
T14	7.31	0.2369	22.96	砂壤土
T15	7.54	0.3020	32.65	砂壤土

1.1.4 仪器 原子吸收分光光度计,美国 VAR-
IAN 公司生产,型号 EL06073267。

1.2 方法

- 1.2.1 不同灌水方式下的吸附效果 取混合均匀的供试土样各 0.5 kg,加入重金属吸附材料 4.5 g,充分混匀,装到塑料盆中。设定 3 种灌水方式,A:土壤始终保持湿润状态;B:水灌透,但不溢出,待土壤干透时再灌水,依次循环;C:土表始终保持 2 cm 左右水层,放置 7 d。3 次重复,研究吸附材料在不同灌水方式下对土壤中重金属元素镉、镍的吸附效果。
- 1.2.2 不同灌水方式与不同质地土壤条件下的吸附效果 灌水方式同上,比较在 3 种灌水方式条件下,砂壤土、碱性土、酸性土 3 种土壤类型下的的重金属吸附材料对镉和镍的吸附率。
- 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 pH=7 的 1 mol·L⁻¹ MgCl₂ 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 进行分析。

吸附材料的吸附率(%)=(C₀-C)/C₀×100,C₀为吸附前土壤重金属浓度(mg·kg⁻¹),C为吸附后土壤重金属浓度(mg·kg⁻¹)。

2 结果与分析

2.1 不同灌水方式对重金属材料吸附率的影响

灌水方式 A 镉吸附率 40.8%~69.3%,镍吸附率 53.9%~70.8%,灌水方式 B 镉吸附率 45.8%~66.7%,镍吸附率 60.2%~72.8%;灌水方式 A、B 对吸附材料的吸附效果差异不大;灌水方式 C 镉吸附率 67.8%~76.5%,镍吸附率 68.3%~73.9%,对吸附材料的吸附效果高于灌水方式 A 和 B(表 2)。

2.2 灌水方式 A 条件下不同质地土壤中的吸附效果比较

2.2.1 镉 如图 1 所示,碱性壤土(T6~T10)镉吸附率 40.8%~50.2%,酸性壤土(T1~T5)镉吸附率 62.2%~68.1%,砂壤土(T11~T15)镉吸附率 58.7%~69.3%,吸附材料对镉元素的吸

附效果表现为砂壤土>酸性壤土>碱性壤土。

表 2 不同灌溉方式对重金属吸附材料吸附率的影响

Table 2 Effect of different irrigation methods on the adsorption rate of heavy metals

土壤 编号 Soil No.	重金属 Heavg metals	A			B			C		
		吸附前浓度/ (mg·kg ⁻¹)	吸附后浓度/ (mg·kg ⁻¹)	吸附率/%	吸附前浓度/ (mg·kg ⁻¹)	吸附后浓度/ (mg·kg ⁻¹)	吸附率/%	吸附前浓度/ (mg·kg ⁻¹)	吸附后浓度/ (mg·kg ⁻¹)	吸附率/%
		Pre- adsorption concentration	Adsorption concentration	Adsorption rate	Pre- adsorption concentration	Adsorption concentration	Adsorption rate	Pre- adsorption concentration	Adsorption concentration	Adsorption rate
T1	Cd	0.0105	0.0037	64.8	0.0105	0.0035	66.7	0.0105	0.0025	76.2
	Ni	1.8727	0.7341	60.8	1.8727	0.7060	62.3	1.8727	0.5075	72.9
T2	Cd	0.0090	0.0034	62.2	0.0090	0.0033	63.3	0.0090	0.0029	67.8
	Ni	1.5812	0.5898	62.7	1.5812	0.5819	63.2	1.5812	0.4775	69.8
T3	Cd	0.0091	0.0029	68.1	0.0091	0.0032	64.8	0.0091	0.0025	72.5
	Ni	1.5718	0.6350	59.6	1.5718	0.5753	63.4	1.5718	0.4590	70.8
T4	Cd	0.0101	0.0038	62.4	0.0101	0.0035	65.3	0.0101	0.0032	68.3
	Ni	1.4859	0.5676	61.8	1.4859	0.5245	64.7	1.4859	0.3878	73.9
T5	Cd	0.0091	0.0031	65.9	0.0091	0.0033	63.7	0.0091	0.0029	68.1
	Ni	1.6647	0.6875	58.7	1.6647	0.6276	62.3	1.6647	0.4645	72.1
T6	Cd	0.0059	0.0032	45.9	0.0059	0.0030	48.7	0.0059	0.0015	70.3
	Ni	1.6791	0.6817	59.4	1.6791	0.6905	63.7	1.6791	0.4970	70.4
T7	Cd	0.0028	0.0016	42.8	0.0028	0.0012	57.1	0.0028	0.0007	75.0
	Ni	1.4623	0.6317	56.8	1.4623	0.5250	64.1	1.4623	0.4241	71.0
T8	Cd	0.0057	0.0028	50.2	0.0057	0.0029	49.1	0.0057	0.0018	68.7
	Ni	2.0555	0.9373	54.4	2.0555	0.7749	62.3	2.0555	0.6495	68.4
T9	Cd	0.0034	0.0020	40.8	0.0034	0.0017	45.8	0.0034	0.0008	76.5
	Ni	1.5312	0.6309	58.8	1.5312	0.6094	60.2	1.5312	0.4854	68.3
T10	Cd	0.0055	0.0027	50.2	0.0055	0.0028	49.7	0.0055	0.0016	70.3
	Ni	1.2168	0.6659	53.9	1.2168	0.4575	62.4	1.2168	0.3225	73.5
T11	Cd	0.3125	0.1244	60.2	0.3125	0.1141	63.5	0.3125	0.0944	69.8
	Ni	1.6934	0.5859	65.4	1.6934	0.5554	67.2	1.6934	0.4945	70.8
T12	Cd	0.1897	0.0582	69.3	0.1897	0.0687	63.8	0.1897	0.0531	72.0
	Ni	1.7476	0.5278	69.8	1.7476	0.6488	72.6	1.7476	0.4719	73.0
T13	Cd	0.5612	0.2267	59.6	0.5612	0.1942	65.4	0.5612	0.1392	75.2
	Ni	1.7056	0.4980	70.8	1.7056	0.4639	72.8	1.7056	0.4503	73.6
T14	Cd	0.2311	0.0954	58.7	0.2311	0.0860	62.8	0.2311	0.0619	73.2
	Ni	1.6821	0.5265	68.7	1.6821	0.5029	70.1	1.6821	0.4558	72.9
T15	Cd	0.2985	0.1018	65.9	0.2985	0.1149	61.5	0.2985	0.0848	71.6
	Ni	1.7103	0.58464	65.8	1.7103	0.5558	67.5	1.7103	0.4823	71.8

2.2.2 镍 如图 2 所示,碱性壤土(T6~T10)的镍吸附率为 53.9%~59.4%;酸性壤土(T1~

T5) 的镍吸附率为 58.7%~62.7%;砂壤土(T11~T15)的镍吸附率为 65.4%~70.8%,

吸附材料的对镍元素的吸附效果表现为砂壤土>酸性壤土>碱性壤土。

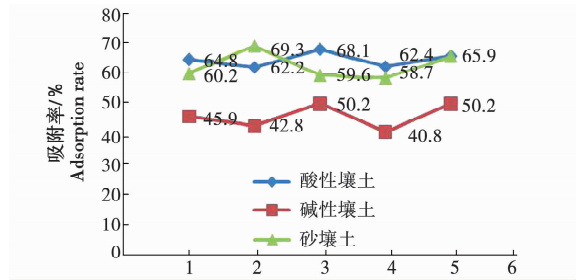


图 1 吸附材料在灌溉 A 条件下不同质地土壤中对镉的吸附效果
Fig. 1 Adsorption of adsorption materials to cadmium under A irrigation condition and different texture soils

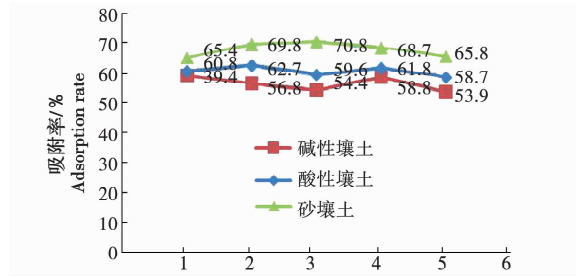


图 2 吸附材料在灌溉 A 条件下不同质地土壤中对镍的吸附效果
Fig. 2 Adsorption of adsorption materials to nickel under A irrigation condition and different texture soils

2.3 灌水方式 B 条件下不同质地土壤中的吸附效果比较

2.3.1 镉 如图 3 所示,碱性壤土(T6~T10)的镉吸附率为 45.8%~57.1%,酸性壤土(T1~T5)的镉吸附率为 63.3%~66.7%,砂壤土(T11~T15)的镉吸附率为 61.5%~65.4%,吸附材料的对镉元素的吸附效果表现为砂壤土>酸性壤土>碱性壤土。

吸附率 67.8%~76.2%,砂壤土(T11~T15)镉吸附率 69.8%~75.2%,吸附材料对镉元素的吸附效果表现为砂壤土>碱性壤土>酸性壤土。

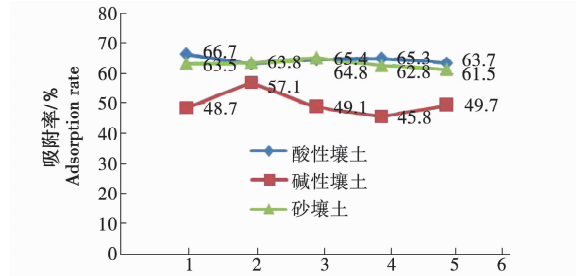


图 3 吸附材料在灌溉 B 条件下不同质地土壤中对镉的吸附效果
Fig. 3 Adsorption of adsorption materials to cadmium under B irrigation condition and different texture soils

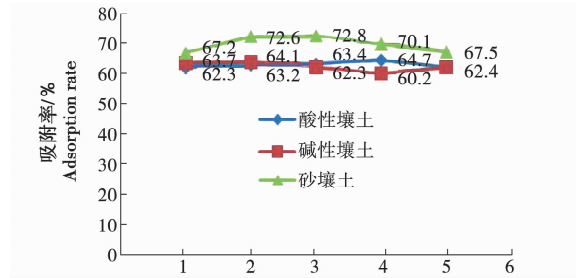


图 4 吸附材料在灌溉 B 条件下不同质地土壤中对镍的吸附效果
Fig. 4 Adsorption of adsorption materials to nickel under B irrigation condition and different texture soils

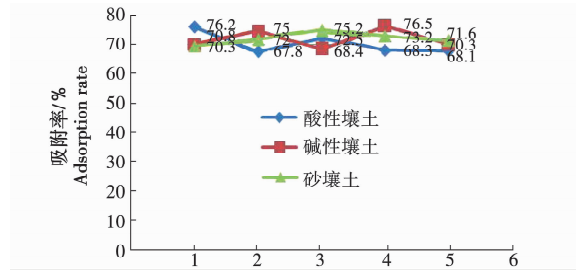


图 5 吸附材料在灌溉 C 条件下不同质地土壤中对镉的吸附效果
Fig. 5 Adsorption of adsorption materials to cadmium under C irrigation condition and different texture soils

2.4 灌水方式 C 条件下不同质地土壤中的吸附效果比较

2.4.1 镉 如图 5 所示,碱性壤土(T6~T10)镉吸附率 68.7%~76.5%,酸性壤土(T1~T5)镉

2.4.2 镍 如图 6 所示,碱性壤土(T6~T10)的镍吸附率为 68.3%~73.5%;酸性壤土(T1~T5)的镍吸附率为 69.8%~73.8%;砂壤土(T11~T15)的镍吸附率为 70.8%~73.6%。吸附材料对镍元素的吸附效果表现为砂壤土>碱性壤土>酸性壤土。

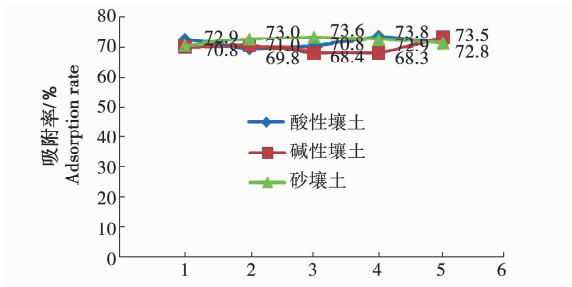


图6 吸附材料在灌溉C条件下不同质地土壤中镍的吸附效果

Fig. 6 Adsorption of adsorption materials to nickel under C irrigation condition and different texture soils

3 结论与讨论

3种灌水方式中灌水方式C(土表始终保持2 cm左右水层,放置7 d)中吸附材料的吸附效果高于灌水方式A(土壤始终保持湿润状态)、B(水灌透,但不溢出,待土壤干透时再灌水,依次循环);相同灌水方式中,吸附材料对镉元素的吸附效果表现为砂壤土>酸性壤土>碱性壤土;吸附材料的对镍元素的吸附效果表现为砂壤土>酸性壤土>碱性壤土。相比较灌溉方式A、B灌水方式C吸附材料在碱性壤土、酸性壤土、砂壤土中的吸附效果差异不大。本试验中不同灌水方式,不同土壤质地形成不同土壤条件,不同质地的土壤由于各种矿物质颗粒的相对比例和粗细状况不同,其孔隙率和导水率也不相同,所以其水分的通

透性差异很大^[3]。质地越细,孔隙率和导水率越小,渗水越慢越少。质地越重土体内土粒比表面积大、吸附能力强,重金属元素迁移能力小;土壤质地也影响水的渗透能力,对于水溶性的重金属元素在土壤中迁移有很大影响。

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] 徐奕,李剑睿,徐应明,等. 膨润土钝化与不同水分灌溉联合处理对酸性稻田土镉污染修复效应及土壤特性的影响[J]. 环境化学,2017,36(5):1026-1035.

[3] 李卓. 土壤机械组成及容重对水分特征参数影响模拟试验研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2009.

[4] 周航,曾敏,刘俊,等. 施用碳酸钙对土壤铅、镉、锌交换态含量及在大豆中累积分布的影响[J]. 水土保持学报,2010, 24(4):123-126.

[5] 史锟,陈卓. 宜居山地土壤机械组成对有机碳含量的影响[J]. 中国农学通报,2008(8):274-278.

[6] 韩张雄,王龙山,郭巨权,等. 土壤修复过程中重金属形态的研究综述[J]. 岩石矿物学杂志,2012,31(2):271-278.

[7] 隋红建,吴璇,崔岩山. 土壤重金属迁移模拟研究的现状与展望[J]. 农业工程学报,2006(6):197-200.

[8] 李斌,刘波,方兰,等. 西安郊区农耕地和大棚菜地土壤重金属迁移的对比研究[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(4): 223-227,242.

Adsorption of Heavy Metal Adsorption Materials in Different Irrigation Methods and Different Texture Soils

WANG Qing-hua,PENG You-kai,LIU Jun,CAI Xin,YANG Yong

(Testing and Monitoring Center of Agricultural Products Quality and Security,Xi'an 710077,China)

Abstract: In order to develop effective soil pollution remediation technology,we studied the effect of different irrigation methods and soil texture on the adsorption effect of heavy metal adsorbed materials,and compared the adsorption rate in three irrigation methods(A soil remains moist all the time; B Irrigation,but not overflow, when the soil is dry again irrigation,cycle; C surface is always kept about 2cm water layer for 7 days) and three types of soil textures(and loam,acid loam and alkaline loam). The results showed that the adsorption effect of adsorbent material in irrigation mode C was higher than that in irrigation mode A and B. In the same irrigation mode,the adsorption effect of the adsorption material on cadmium was as follow,the sandy loam>acidic loam> alkaline loam; The adsorption effect of the adsorption material on nickel element was that the sandy loam>alkaline loam>acidic loam.

Keywords: irrigation; soil texture; adsorption materials