

文章编号: 1007-4929(2005)05-0005-03

污水灌溉条件下作物 对土壤重金属吸收特征比较

黄俊友, 胡晓东, 俞青荣

(江苏省水利科学研究所, 江苏 南京 210017)

摘要:通过采样和化学测试,对污水灌溉条件下,小麦、水稻、蚕豆和油菜果实中 Cu、Zn、Pb、Cr 和 Cd 的含量及土壤中重金属本底浓度进行测定和分析。结果表明,污水灌溉对 4 种作物吸收土壤重金属的能力影响不显著,而不同作物种类对这种吸收能力的影响表现出显著的差异。

关键词:污水灌溉;土壤;农作物;重金属

中图分类号:S273.5 **文献标识码:**A

Comparison of Plants' Adsorption Characteristic for Heavy Metals Under sewage Irrigation

HUANG Jun-you, HU Xiao-dong, YU Qing-rong

(Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China)

Abstract: The content of Cu, Zn, Pb, Cr and Cd in wheat, paddy, horsebean and rape, and the background concentrations of heavy metals in soil were measured and analyzed through sampling and chemical test in this paper. The results indicated that sewage irrigation affected the adsorption capacity of plant for heavy metals unremarkable, while different plant type has remarkable influence on the adsorption capacity.

Key words: sewage irrigation; soil; plant; heavy metal

重金属是构成地壳的物质之一,以不同的形态分布于表层土壤中^[1],它不仅会导致土壤肥力降低,还能使农作物产量降低和品质下降^[2],甚至通过食物链影响人体健康。国内外作者认为,污水灌溉和土壤重金属是导致食物重金属污染的主要原因^[3,4]。但一些研究成果同时也表明,污水灌溉不会对作物果实产生重金属积累^[5]。因此,本文通过大棚盆栽实验,对比不同灌溉水质条件下,小麦、水稻、蚕豆和油菜对土壤中重金属的吸收特征。

1 材料和方法

1.1 试验布置

盆栽实验在江苏省水利科学研究所实验中心内进行。4 种作物分别种植 16 盆,设置 4 种灌溉水,每 4 盆以一种水质灌溉,4 种灌溉水分别为清水、稀释 1 倍的污水、稀释 0.5 倍的污水和污水。清水采用自来水,污水取自南京内秦淮河支流,水质类别为劣 V 类,水质中重金属除铜 Cu 有 124 $\mu\text{g/L}$ 的检出

外,Zn、Pb、Cr 和 Cd 均未有检出。

1.2 样品采集

试验用土采用试验室附近土壤,对每盆土壤沿纵向深度取样 1 kg,分析重金属本底含量。植物果实成熟后,进行重金属含量的分析。

1.3 检测方法

作物果实中的 Cu、Zn 和 Cr 参照文献^{[6]~[8]}中的石墨炉原子吸收分光光度法进行;Pb 和 Cd 参照文献^{[9]、[10]}中的火焰原子吸收分光光度法进行。土壤中的 Cu、Zn 和 Cr 参照文献^{[11]、[12]}中的火焰原子吸收分光光度法进行;Pb 和 Cd 参照文献^[13]中的石墨炉原子吸收分光光度法进行。

2 结果与分析

2.1 污水灌溉对作物吸收土壤重金属的影响分析

土壤中重金属本底浓度及作物果实中 Cu、Zn、Pb、Cr 和 Cd 的浓度列于表 1。

收稿日期:2005-04-20

基金项目:水利部“948”计划资助项目(CT200211)。

作者简介:黄俊友(1965-),男,高级工程师。

表 1 农作物和种植土壤中重金属含量

mg/kg

作物	灌水条件	Cu			Zn			Pb			Cr			Cd		
		土壤本底	作物果实	吸收系数	土壤本底	作物果实	吸收系数	土壤本底	作物果实	吸收系数	土壤本底	作物果实	吸收系数	土壤本底	作物果实	吸收系数
小麦	1	72.1	4.46	0.0618	244	43.6	0.1784	128.2	0.90	0.0070	110.3	0.84	0.0076	0.160	0.070	0.4375
	2	50.3	5.45	0.1083	236	55.0	0.2335	97.8	1.81	0.0185	76.6	0.75	0.0098	0.122	0.067	0.5474
	3	80.9	4.48	0.0554	217	46.3	0.2129	90.5	0.21	0.0023	74.8	0.26	0.0035	0.214	0.102	0.4766
	4	70.4	4.49	0.0638	209	46.4	0.2224	104.1	0.48	0.0046	77.2	0.30	0.0039	0.197	0.084	0.4268
水稻	1	98.2	12.50	0.1273	227	26.1	0.1150	392.0	0.91	0.0023	99.8	1.21	0.0121	0.090	0.038	0.4241
	2	67.3	11.10	0.1649	199	23.1	0.1164	185.1	0.40	0.0022	151.2	1.76	0.0116	0.108	0.023	0.2138
	3	92.6	12.00	0.1296	222	24.5	0.1102	237.5	0.54	0.0023	84.0	0.86	0.0102	0.111	0.025	0.2252
	4	86.0	12.00	0.1396	258	27.5	0.1068	351.0	1.19	0.0034	101.1	1.41	0.0139	0.261	0.030	0.1149
蚕豆	1	177.4	28.20	0.1590	375	52.8	0.1407	670.1	0.07	0.0001	125.6	0.28	0.0022	0.155	0.01	0.0645
	2	97.8	11.50	0.1176	314	48.4	0.1543	291.9	0.06	0.0002	90.8	0.46	0.0051	0.119	0.008	0.0675
	3	112.4	9.43	0.0839	337	46.2	0.1370	371.6	0.17	0.0005	95.6	0.26	0.0027	0.093	0.003	0.0324
	4	103.4	11.90	0.1151	377	21.3	0.0565	601.2	0.01	0	92.1	0.09	0.0010	0.118	0.002	0.0169
油菜	1	82.4	3.51	0.0426	233	50.2	0.2152	112.2	0.41	0.0037	74.3	0.67	0.0090	0.149	0.034	0.2285
	2	66.8	3.49	0.0523	223	44.9	0.2010	101.2	0.40	0.0040	86.5	1.24	0.0143	0.174	0.017	0.0975
	3	101.7	4.99	0.0491	225	43.4	0.1928	117.2	0.73	0.0062	73.3	0.62	0.0085	0.150	0.031	0.2064
	4	71.9	2.50	0.0348	218	45.4	0.2082	109.8	0.57	0.0052	74.8	0.57	0.0076	0.191	0.024	0.1258

注:灌水条件 1 为清水;2 为稀释 1 倍的污水;3 为稀释 0.5 倍的污水;4 为污水。

从表 1 中可以看出,农作物在生长的过程中向上输送营养时,对重金属污染物产生明显的截留作用,但各种作物在不同的灌水条件下,对重金属的吸收却表现出不同的特征。作者利

用 SPSS 分析软件,对不同作物和不同灌水条件两个因素影响下,对重金属吸收系数作方差分析,了解各因素对作物吸收土壤重金属能力的影响,结果如表 2。

表 2 不同作物和灌水条件影响下对重金属吸收系数的方差分析结果

重金属	因素	R	平方和	自由度	均方和	F	显著性概率*
Cu	作物种类	0.876	0.023	3	0.008	19.285	0
	灌水条件		0.002	3	0.001	1.826	0.213
Zn	作物种类	0.845	0.033	3	0.011	15.669	0.001
	灌水条件		0.002	3	0.001	0.728	0.561
Pb	作物种类	0.557	0	3	4.52×10^{-5}	3.105	0.082
	灌水条件		2.92×10^{-5}	3	9.75×10^{-6}	0.669	0.592
Cr	作物种类	0.880	0	3	6.59×10^{-5}	18.385	0
	灌水条件		3.85×10^{-5}	3	1.28×10^{-5}	3.583	0.060
Cd	作物种类	0.902	0.389	3	0.130	25.763	0
	灌水条件		0.028	3	0.009	1.836	0.211

注:在显著性水平 0.05 下检验。

从表 2 中可以看出作物对土壤中 Cu、Zn、Cr 和 Cd 的吸收能力,通过方差分析,其线性回归的复相关系数 R 分别为 0.876、0.845、0.880 和 0.902,说明吸收能力与作物种类和灌水条件两个因素之间存在显著的线性相关关系。而对 Pb,这种线性相关较弱。同时,分析作物种类和灌水条件两种因素的各水平,对作物吸收土壤中重金属的能力的影响,得出的结论

是,无论哪种重金属,灌水条件的影响都不显著,其显著性概率均大于 0.05,这可能与灌溉水中未有大量重金属检出相关。而作物种类除对 Pb 的影响较小外,对 Cu、Zn、Cr 和 Cd 的影响却非常显著的,其显著性概率均小于 0.05,基于这点,可以通过作物种类各水平均值间的比较来分析各类作物吸收土壤重金属能力的差异,见表 3。

表3 作物种类各水平均值间差异显著性概率对照

重金属	Cu			Zn			Pb			Cr			Cd		
	作物种类	水稻	蚕豆	油菜	水稻	蚕豆	油菜	水稻	蚕豆	油菜	水稻	蚕豆	油菜	水稻	蚕豆
小麦	0.001	0.009	0.080	0.001	0.001	0.700	0.070	0.017	0.249	0.002	0.030	0.023	0.001	0	0
水稻		0.160	0		0.608	0.001		0.406	0.431		0	0.151		0.003	0.145
蚕豆			0			0.002			0.124			0			0.041

注:在显著性水平 0.05 下检验。

从表 3 中不难看出,对土壤中 Cu、Zn 的吸收能力,除小麦与油菜、水稻与蚕豆间的差异不大外,其余作物间的差异是显著的,它们均值差等于 0 的概率均小于显著性水平 0.05。对土壤中 Pb 的吸收能力,除小麦与蚕豆间存在显著性差异外,其余作物间的差异较小,它们均值差等于 0 的概率均大于显著性水平 0.05。对土壤中 Cr 和 Cd 的吸收能力,水稻与油菜间差异较小,其均值差等于 0 的概率分别为 0.151 和 0.145,大于显著性水平 0.05,而其余作物间存在显著差异。

2.2 各作物吸收土壤重金属能力比较

根据前面分析,本试验采用的各灌水条件对作物吸收重金属能力影响不显著,而作物种类的影响却是较大的,且各作物的影响还存在差异。忽略灌水条件的影响,得到因素变量作物种类各水平均值的估计值,见表 4。

从表 4 中数据来看,上面对各作物吸收土壤重金属能力的
表 4 作物种类的边际均值估计

重金属	作物种类	均值	估计标准 误差	95%置信区间	
				下限	上限
Cu	小麦	0.072	0.010	0.050	0.095
	水稻	0.140	0.010	0.118	0.163
	蚕豆	0.119	0.010	0.097	0.141
	油菜	0.045	0.010	0.022	0.067
Zn	小麦	0.212	0.013	0.182	0.242
	水稻	0.112	0.013	0.082	0.142
	蚕豆	0.122	0.013	0.092	0.152
	油菜	0.204	0.013	0.174	0.234
Pb	小麦	0.008	0.002	0.004	0.012
	水稻	0.003	0.002	-0.002	0.007
	蚕豆	0	0.002	-0.004	0.005
	油菜	0.005	0.002	0	0.009
Cr	小麦	0.006	0.001	0.004	0.008
	水稻	0.012	0.001	0.010	0.014
	蚕豆	0.003	0.001	0.001	0.005
	油菜	0.010	0.001	0.008	0.012
Cd	小麦	0.472	0.035	0.392	0.552
	水稻	0.245	0.035	0.164	0.325
	蚕豆	0.045	0.035	-0.035	0.126
	油菜	0.165	0.035	0.084	0.245

差异分析是正确的,其结论在这里可以重现。另外从吸收系数来分析各作物对土壤中重金属吸收能力的大小可以得出,Cu:水稻>蚕豆>小麦>油菜;Zn:小麦>油菜>蚕豆>水稻;Pb:水稻>油菜>小麦>蚕豆;Cr:水稻>油菜>小麦>蚕豆;Cd:小麦>水稻>油菜>蚕豆。而对同一种作物,吸收土壤重金属的难易程度分别为小麦: Cd>Zn>Cu>Pb>Cr;水稻: Cd>Cu>Zn>Cr>Pb;蚕豆: Zn>Cu>Cd>Cr>Pb;油菜: Zn>Cd>Cu>Cr>Pb。

3 结 语

通过对小麦、水稻、蚕豆和油菜在 4 种灌溉水条件下,作物果实中重金属以及土壤中重金属本底浓度的测定和分析得出以下结论。

(1)使用本试验所用污水进行灌溉,对 4 种作物吸收土壤重金属的能力不产生显著影响,而作物种类对这种吸收能力却表现出显著的差异。

(2)几种作物比较下,水稻吸收土壤重金属能力较强,蚕豆较弱,各作物吸收土壤中的 Cd、Cu、Zn 较容易,对 Pb 和 Cr 的吸收能力相对较弱。

参考文献:

- [1] 杨志军, 张志国, 曹金勇, 等. 土壤与农作物重金属含量相关性的初步研究[J]. 淮阴工学院学报, 2003, 12(3): 86-89.
- [2] 陈丙义, 赵安芳. 重金属污染土壤对农业生产的影响及其可持续利用措施[J]. 平顶山工学院学报, 2003, 12(2): 31-33.
- [3] 仲维科, 樊耀波, 王敏健. 我国农作物的重金属污染及其防止对策[J]. 农业环境保护, 2001, 20(4): 270-272.
- [4] N T Basta, M A Tabatahai. Effect of cropping system on adsorption of metals by soil. III: Completion adsorption[J]. Soil and Science, 1992, 153(14): 331-335.
- [5] 邵洪波. 污水灌溉条件下冬小麦生长及重金属分布规律的试验研究[D]. 中国农业大学硕士学位论文, 2002.
- [6] GB/T5009.13-1996, 食品中铜的测定方法[S].
- [7] GB/T5009.14-1996, 食品中锌的测定方法[S].
- [8] GB/T5009.15-1996, 食品中铬的测定方法[S].
- [9] GB/T5009.12-1996, 食品中铅的测定方法[S].
- [10] GB/T14962-1994, 中食品中镉的测定方法[S].
- [11] GB/T17138-1997, 土壤质量 铜、锌的测定—火焰原子吸收分光光度法[S].
- [12] GB/T17137-1997, 土壤质量 总铬的测定—火焰原子吸收分光光度法[S].
- [13] GB/T17141-1997, 土壤质量 铅、镉的测定—石墨炉原子吸收分光光度法[S].