

一种新发现的湿生铬超积累植物

——李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz)

张学洪, 罗亚平, 黄海涛, 刘杰, 朱义年, 曾全方

(桂林工学院资源与环境工程系, 广西 桂林 541004)

摘要:通过对广西某电镀厂附近的植物和土壤的野外调查,发现了湿生铬超积累植物——李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz)。结果表明,多年生禾本科李氏禾对铬具有明显的超积累特性,叶片内平均铬含量达1786.9mg/kg,变化范围为1084.2~2977.7mg/kg;叶片内铬含量与根部土壤中铬含量之比最高达56.83,叶片内铬含量与根茎中铬含量之比最高达11.59,叶片内铬含量与水中铬含量之比最高达517.86。李氏禾不仅对铬有很强的富集能力,而且具有生长快、地理分布广、适应性强的特点,因此李氏禾的发现将为植物的铬超积累机理与铬污染环境的植物修复研究提供新的重要物种。

关键词:李氏禾;湿生;超积累植物;铬

文章编号:1000-0933(2006)03-0950-04 中图分类号:Q98.1,X171 文献标识码:A

Leersia hexandra Swartz: a newly discovered hygrophyte with chromium hyper-accumulator properties

ZHANG Xue-Hong, LUO Ya-Ping, HUANG Hai-Tao, LIU Jie, ZHU Yi-Nian, ZENG Quan-Fang (Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 950 ~ 953.

Abstract: In a series of field investigations and plant samplings around an electroplating factory in Guangxi Province, a hygrophyte with chromium hyper-accumulative properties, *Leersia Hexandra* Swartz, was found for the first time in china. *Leersia Hexandra* Swartz is a perennial species that often grows along the margins of the tailing pond of the electroplating factory and the nearby streams. It grows to about 1m tall but when floating, it may have branches several meters long. Further research indicated that the hygrophyte from the tailing pond was obviously characterized by the chromium enrichment in its leaves, with a mean Cr concentration of 1786.9mg/kg (1084.2 ~ 2977.7mg/kg). Its rootstalks had an average Cr concentration of 236.6mg/kg (135.2 ~ 386.1mg/kg), whereas the Cr concentrations in the silt and water of the pond were determined to be 114.3mg/kg and 5.90mg/L, respectively. The highest ratio of Cr concentration in its leaves to that in soil around its roots was 56.83, the highest ratio of Cr concentration in its leaves to that in its roots was 11.59 and the highest ratio of Cr concentration in its leaves to that in water was 517.86. The results indicated that *Leersia Hexandra* Swartz could significantly absorb chromium from the silt and water and enrich its leaves, stems and roots. In addition to its Cr hyper-accumulator characteristics, *Leersia Hexandra* Swartz is known to grow quickly, to be highly adaptable and is found over a wide geographical area. Therefore, this hygrophyte shows potential as a very successful phytoremediation in treating Cr-contaminated soil and water. Furthermore, its discovery provides a new plant for the investigation of the Cr hyper-accumulation mechanism.

基金项目:国家“十五”重大科技专项资助项目(2003AA601060-02);国家自然科学基金资助项目(40263001);广西高校百名中青年学科带头人资助项目(2004-97)

收稿日期:2005-06-30; **修订日期:**2006-01-10

作者简介:张学洪(1963~),男,湖北荆州人,博士,教授,主要从事重金属污染治理与废水处理研究.E-mail:zhangxuehong@x263.net

致谢:中国地质科学院岩溶地质研究所实验室完成样品测试,中国科学院广西植物研究所、广西大学林学院完成植物鉴别,在此表示衷心感谢!

Foundation item: The project was supported by High Technology Research and Development Program of China (No.2003AA601060-02), National Natural Science Foundation of China(No.40263001), and Foundation of 100 Subject Directors of Young and Middle Age in Universities of Guangxi (No.2004-97)

Received date:2005-06-30; **Accepted date:**2006-01-10

Biography: ZHANG Xue-Hong, Ph.D., Professor, mainly engage in treatment of heavy metal contamination and wastewater. E-mail: zhangxuehong@x263.net

Key words: *Leersia hexandra* Swartz; hygrophyte; hyper-accumulator; chromium

铬是人体所必需的微量元素之一,但摄入过多的铬会引起铬中毒^[1]。铬对植物的毒性主要发生在根部,吸收的铬约有 98% 保留在根部,高浓度的铬不仅对作物产生危害,而且能干扰植物对必需元素的吸收和运输^[2]。6 价铬为我国实施总量控制的污染物之一^[3],铬的污染来源主要有含铬矿石的加工、金属表面处理、皮革揉制和印染等行业,其中尤其以电镀行业造成的铬环境污染最为严重。

通过各种途径进入土壤中的铬,因其不可降解而在土壤中不断累积,致使铬污染土壤的治理变得十分困难。植物修复技术(Phytoremediation)是利用植物对重金属的富集作用,来降低土壤和水体中的重金属的浓度或降低重金属毒性。由于该方法效果好,易于操作,日益受到人们的重视,成为污染土壤修复研究的热点之一^[4]。目前世界上发现有 400 多种超积累植物,其中见诸报道的铬超积累植物仅有两种,即在津巴布韦发现的 *Dicoma niccolifera* Wild 和 *Sutera fodina* Wild,其铬的含量分别为 1500mg/kg 和 2400mg/kg,均高于铬的参考值 1000mg/kg^[5]。到目前为止,关于中国境内的重金属超积累植物资源报道较少,仅见陈同斌等在中国境内首先发现砷超积累植物——蜈蚣草(*Pteris vittata* L.)^[6];杨肖娥等在浙江衢州市发现锌超积累植物——东南景天(*Sedum alfredii* H.)^[7];韦朝阳等在湖南石门发现砷超积累植物——大叶井口边草(*Pteris cretica* L.)^[8];薛生国等在湖南省湘潭锰矿污染区发现的锰超积累植物——商陆(*Phytolacca acinosa* Roxb.)^[9];刘威等在湖南郴州桂阳县宝山矿区发现的镉超积累植物——宝山堇菜(*Viola baoshanensis*)^[10];魏树和等从杂草中筛选出镉的超积累植物龙葵(*Solanum nigrum* L.)^[11]。但至今在国内尚未有铬超积累植物的报道。本文通过野外调查研究了李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz)对铬的富集特征。

1 材料与方法

1.1 野外调查与采样

广西北部某电镀厂距桂林市区约 110km,处理后的尾水先排入厂区旁的一池塘中,然后再流入附近的一条小河^[12]。长期以来,在池塘中沉积了大量的含铬淤泥,对池塘及小河周围的环境造成了一定的污染。2004 年 10 月通过对该厂周围进行的一系列野外调查,发现在其周边生长的植物主要有:马唐(*Digitaria sanguinalis*)、蒲公英(*Taraxacum officinale* W.)、凤尾竹(*Bambusa multiplex* cv. Fernleaf)、白花败酱(*Patrinia villosa* Juss.)、四生臂形草(*Brachiaria subquadriflora* (Trin.) Hitchc.)、铺地黍(*Panicum repens* L.)和李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz),其中李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz)广泛分布于该区域的池塘、水沟和小溪边。2005 年 10 月,再次对池塘、池塘下游河流以及上游小溪中的李氏禾进行采集分析。

1.2 植物样的前处理与分析

将取回的李氏禾样品用自来水清洗 15min 后,用去离子水冲洗 3 次,将根、茎和叶分离。然后用烘箱在 105℃ 下杀青 30min,紧接着在 80℃ 烘干 4h。其后将植物样粉碎并称取 2.0g 置于锥形瓶中,加入 20ml 浓硝酸和 4ml 高氯酸后低温加热消解。在体积减至 2~5ml 时,加入 10ml 去离子水,再加热 10~15min,最后移入 25ml 比色管中,并用 0.2% 的硝酸稀释至刻度,使用原子吸收分析仪(日立 18070)分析其中的 Cr 含量。

2 结果与讨论

李氏禾(*Leersia hexandra* Swartz),多年生禾本科;秆下部伏卧地面或倾斜,并于节处生根^[13]。其节常具倒生微毛;叶鞘光滑或粗糙,上部短于节间;叶舌膜质,长 1~2mm,其基部两侧下延与叶鞘边缘相愈合;叶片扁平或卷折,披针形,长约 3~12cm,宽约 1.5mm,具短柄;外稃五脉,脊与边缘均具刺毛,两侧具刺毛;雄蕊六枚。结实了的外稃和内稃具刺毛。秋冬抽穗。广布于热带地区,为湿生野草,多生于沼泽地、溪旁和稻田的田基上。

池塘中不同地点的取样调查和化学分析结果见表 1。结果表明,李氏禾的地上部分铬含量高于淤泥中铬含量,尤其以叶片中铬含量最高,可达 1084.2~2977.7mg/kg,平均铬含量为 1786.9mg/kg,超过植物对铬超积累临界值(1000mg/kg)。根部淤泥中铬的平均含量为 114.3mg/kg,最高含量为 186.2mg/kg,超过国家《土壤环境质

量标准》(GB15618-1995)中二级标准^[3];叶片中铬含量与淤泥中铬含量比值为 5.82 ~ 56.83。水中铬的含量为 5.55 ~ 6.70mg/L,平均值为 5.90mg/L,叶片中铬含量与水中铬含量比值为 161.82 ~ 517.86。根茎中铬含量为 135.2 ~ 514.3mg/kg,平均值为 282.9mg/kg;叶片中铬含量与根茎中铬含量比值为 3.76 ~ 11.59。可见,李氏禾能从淤泥中或水体吸收铬并在叶片中大量的积累。

表 1 野外生长条件下池塘中李氏禾对铬的富集作用(广西)

Table 1 Chromium accumulation by <i>Leersia hexandra</i> Swartz under field conditions in Guangxi, South China							
样号 Sample No.	淤泥中铬含量 Cr in soils(S) (mg/kg)	水中铬含量 Cr in water(W) (mg/L)	叶中铬含量 Cr in leaves(L) (mg/kg)	(根 + 茎)铬含量 ^a Cr in roots and stems(R) (mg/kg)	叶/淤泥 ^b L/S	叶/水 ^c L/W	叶/(根 + 茎) ^d L/R
SM1	129.7	5.55	1974.1	170.4	15.22	355.69	11.59
SM2	52.4	5.75	2977.7	331.6	56.83	517.86	8.98
SM3	104.0	5.85	1104.8	159.7	10.62	188.85	6.92
SM4	98.9	5.65	1453.5	386.1	14.70	257.26	3.76
SM5	186.2	6.70	1084.2	135.2	5.82	161.82	8.02
SM6	114.4	5.92	2127.1	514.3	18.59	359.31	4.14

a 根的生物量极低不足以单独测定与茎合并测定 Because the biomass of roots was not enough to determinate Cr concentration, roots and stems were mixed in the analysis;b 叶中铬含量与淤泥中铬含量之比 Ratio of Cr concentrations in leaves to that in soils;c 叶中铬含量与水中铬含量之比 Ratio of Cr concentrations in leaves to that in water;d 叶中铬含量与根茎中铬含量之比 Ratio of Cr concentrations in leaves to that in roots and stems

为了进一步研究李氏禾对铬的富集作用,于 2005 年 10 月,在池塘、下游小河和上游小溪中再一次采样分析。不同生长环境条件下的李氏禾中铬含量有明显差异,小河下游一定距离(距尾池塘出口约 1.5km)和上游小溪中李氏禾叶中铬含量远低于尾池塘中李氏禾叶中铬含量,尤其是未受污染的上游小溪中李氏禾叶中铬含量只 13.1mg/kg,说明李氏禾能从土壤或水体环境中富集铬。李氏禾不同部位的铬含量差异明显,池塘中李氏禾对铬的富集规律为叶(2127.1mg/kg) > 茎 + 根(514.3mg/kg),小河下游李氏禾的铬含量表现为根(986.0mg/kg) > 叶(641.4mg/kg) > 茎(350.0mg/kg),而未受污染的上游小溪中李氏禾中铬的含量为根(46.4mg/kg) > 茎(34.5mg/kg) > 叶(13.1mg/kg),分析出现这种情况的原因有两种可能:(1)在受铬污染的土壤和水体中,李氏禾的根能够不断的吸收重金属向茎、叶输送且转移效率与土壤或水体受污染的程度、土壤中铬的形态有一定的关系;(2)李氏禾生长在水边等潮湿的地方,主要靠其节茎浮于浅水面或卧于淤泥上,叶片有可能直接吸收水体中的重金属,因此叶中的重金属含量差异明显。

3 结果与讨论

从李氏禾叶中铬含量与其根茎中铬含量比值以及叶中铬含量与淤泥中铬含量比值来看,李氏禾具有明显的铬超积累植物特性。根据野外现场调查结果,各采样点属于相同的气候条件和地质背景,在土壤发生学上具同源性,因而土壤具有相似的物理化学性质。植物对铬的吸收除受土壤铬含量的影响外,可能还与水中铬的含量及形态、土壤中铬的形态和植物生态型等其他因素有关。深入研究李氏禾对铬的吸收与富集行为,对于揭示其富集机理及铬的植物生理机理均具有重要的理论意义。

目前发现的绝大多数超积累植物都是陆生的,大部分为多年生木本植物,植物生长慢,生物量小,且多为莲座生长,很难进行机械化作业,不适合大面积污染土壤修复^[14],而李氏禾为多年生的禾本科植物,繁殖能力强,生长非常迅速,特别适合生长于潮湿和水生环境中,一年当中可以多次收割。这为铬污染土壤的人工湿地修复技术提供了一种新的植物种类,填补了湿生环境中重金属污染的修复技术的空白,也为开发铬污染土壤的人工湿地处理技术提供了可能。

References:

[1] Guo S Q. Properties and Usage of Chromium and Manganese. Beijing: Higher Education Press, 1992. 101 ~ 102.
[2] Sun Y Y. Chromium effect on the growing mechanism of plant and its accumulation in plant frond. Environmental Pollution & Control, 2001, 23(1): 45 ~ 46.

- [3] Beijing EPA. Collection of Environmental Standards. Beijing: Standards Press of China, 2002. 217 ~ 220.
- [4] Reeves R D, Baker A J M. Metal-accumulating plants. In: Raskin I and Ensley B D eds. Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [5] Wei C Y, Chen T B. Hyperaccumulators and phytoremediation of heavy metal contaminated soil: a review of studies in China and abroad. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(7): 1196 ~ 1203.
- [6] Wei C Y, Chen T B, Huang Z C, et al. Arsenic hyperaccumulator *Pteris Vittata* L. and its arsenic accumulation. Chinese Science Bulletin, 2002, 47 (11): 902 ~ 905.
- [7] Yang X, Long X X, Ni W Z, et al. *Sedum alfredii* H: A new Zn hyperaccumulating plant first found in China. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(19): 1634 ~ 1637.
- [8] Wei C Y, Chen T B, Huang Z C, et al. Cretan Brake (*Pteris cretica* L.): an Arsenic-accumulating Plant. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(5): 777 ~ 778.
- [9] Xue S G, Chen Y X, Lin Q, et al. *Phytolacca acinosa* Roxb. (*Phytolaccaceae*): A new manganese hyperaccumulator plant from Southern China. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 935 ~ 937.
- [10] Liu W, Shu W S, Lan C Y. *Viola baoshanensis*, a plant that hyperaccumulates cadmium. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(1): 29 ~ 32.
- [11] Wei S H, Zhou Q X, Wang X, et al. A newly-discovered Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(1): 33 ~ 38.
- [12] Zhang X H, Wang D Q, Huang M, et al. Development of Electroplating Sludge Technology. Journal of Guilin Institute of Technology, 2004, 24(4): 502 ~ 506.
- [13] Institutes of Botany; the Chinese Academy of Sciences. Advanced Illustrated Handbook of Chinese Botany, Volume 5. Beijing: Science Press, 1976.
- [14] Ebbs S D, Kochian L V. Phytoextraction of Zinc by oat (*Avena sativa*), barley (*Hordeum vulgare*), and Indian mustard (*Brassica juncea*). Environ. Sci. Technol., 1998, 32: 802 ~ 806.

参考文献:

- [1] 郭顺勳主编. 铬锰的性质及其应用. 北京: 高等教育出版社, 1992. 101 ~ 102.
- [2] 孙游云. 铬对植物体生长生理的影响及其在植物体中的积累规律. 环境污染与防治, 2001, 23(1): 45 ~ 46.
- [3] 北京市环境保护局. 环境保护标准选编. 北京: 中国标准出版社, 2002. 217 ~ 220.
- [5] 韦朝阳, 陈同斌. 重金属超富集植物及植物修复技术研究进展. 生态学报, 2001, 21(7): 1196 ~ 1203.
- [8] 韦朝阳, 陈同斌, 黄泽春, 等. 大叶井口边草——一种新发现的富集砷的植物. 生态学报, 2002, 22(5): 777 ~ 778.
- [9] 薛生国, 陈英旭, 林琦, 等. 中国首次发现的锰超积累植物商陆. 生态学报, 2003, 23(5): 935 ~ 937.
- [12] 张学洪, 王敦球, 黄明, 等. 电镀污泥处理技术进展. 桂林工学院学报, 2004, 24(4): 502 ~ 506.
- [13] 中国科学院植物研究所主编. 中国高等植物图鉴, 第五册. 北京: 科学出版社, 1976.