

中国首次发现的锰超积累植物——商陆

薛生国, 陈英旭*, 林琦, 徐圣友, 王远鹏

(浙江大学环境与资源学院环境工程系, 杭州 310029)

摘要:自 2000 年以来, 对位于湖南省湘潭锰矿污染区的植物和土壤进行了一系列的野外调查, 以着力寻找锰的超积累植物。结果表明, 商陆科植物商陆对锰具有明显的富集特性, 叶片内锰含量最高达 19299 mg/kg。这一发现填补了我国锰超积累植物的空白, 为探讨锰在植物体中的超积累机理和锰污染土壤的植物修复提供了一种新的种质资源。

关键词:商陆; 锰; 超积累

Phytolacca acinosa Roxb. (Phytolaccaceae): A new manganese hyperaccumulator plant from Southern China

XUE Sheng-Guo, CHEN Ying-Xu*, LIN Qi, XU Sheng-You, WANG Yuan-Peng

(Department of Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(5): 935~937.

Abstract: A series of field investigations and plant collections have been conducted at Xiangtan manganese tailings wastelands, Hu'nan Province, southern China. The specific aim was to search for new manganese hyperaccumulators. The results of tissue analyses on the plants collected from this high manganese environment identified *Phytolacca acinosa* Roxb. (Phytolaccaceae) as a new manganese hyperaccumulator ($> 10,000 \mu\text{g/g}$ Mn), the first to be found in China. The maximum Mn concentration in the leaf dry matter was 19,300 $\mu\text{g/g}$. This species provides a new plant material to explore the mechanism of manganese hyperaccumulation and a potential new plant to for use in the phytoremediation of manganese-contaminated soils.

Key words: *Phytolacca acinosa* Roxb.; manganese; hyperaccumulation

文章编号: 1000-0933(2003)05-0935-03 中图分类号: Q948.1 文献标识码: A

锰是人体必需微量元素之一, 在体内具有多种重要生理功能^[1]。但摄入过量的锰, 则引起人类锰中毒, 主要表现在神经系统方面, 早期以神经衰弱综合症和植物神经功能紊乱为主, 继而出现明显的锥体外神经

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2002AA649200); 国家自然科学基金资助项目(40271060)

收稿日期: 2002-11-13; 修订日期: 2003-02-25

作者简介: 薛生国(1970~), 男, 河南焦作人, 博士生, 主要从事污染土壤植物修复与矿业废弃物生态恢复机理研究。E-mail: sgxue@zju.edu.cn

* 通信作者 Author for correspondence, E-mail: yxchen@zju.edu.cn

中国科学院生态环境研究中心冯宗炜院士, 中南林学院田大伦、康文星教授给予了指导, 英摘承蒙澳大利亚 Melbourne 大学 Alan J. M. Baker 教授修改, 湘潭锰矿蒋雪春等也给予大力支持, 在此表示衷心感谢!

Foundation item: National High-tech R&D Program (No. 2002AA649200) and the National Natural Science Foundation of China (No. 40271060)

Received date: 2002-11-13; **Accepted date:** 2003-02-25

Biography: XUE Sheng-Guo, Ph. D. candidate, mainly engaged in studying phytoremediation of metal-polluted soils and revegetation of metalliferous mine wastes. E-mail: sgxue@zju.edu.cn

系统受损症状,导致类帕金森氏综合症^[2],也对生殖系统产生异常反应^[3],还影响到免疫系统^[4]。

随着环保意识的增强,人们逐渐认识到土壤重金属污染将对环境和人类健康产生重大影响,锰对土壤和水体的污染也引起人们的重视^[5,6]。通过各种途径进入土壤中的锰,在土壤中不断累积,因其不可降解,使治理土壤锰污染变得十分困难,至今尚无找到经济而有效的锰污染治理方法。近年来,一些能够在地上部大量富集污染物的特殊植物——超积累植物 Hyperaccumulator 已成为学术界研究的热点^[7]。利用超积累植物清除土壤和水体环境中的金属和类金属污染——植物修复技术 Phytoremediation 以其潜在的高效、廉价及其环境友好性获得了广泛关注^[8],通过种植收割这种植物可有效地清除环境中的锰污染。超积累植物是植物修复的基础^[9]。目前已经发现的超积累植物约 400 种,但是绝大多数属于镍超积累植物(318 种)^[10],已报道的锰超积累植物只有 11 种,主要集中在夹竹桃科、库诺尼科和山龙眼科^[11]。然而,关于中国境内的重金属超积累植物资源报道极少,仅有 3 种:中国科学院地理科学与资源研究所陈同斌等人在中国境内首先发现砷超积累植物——蜈蚣草(*Pteris vittata* L.)^[12],浙江大学杨肖娥等人在浙江衢州市发现锌超积累植物——东南景天(*Sedum alfredii* Hance)^[13],中科院地理所韦朝阳等人在湖南石门发现砷超积累植物——大叶井口边草(*Pteris cretica* L.)^[14],迄今为止,在中国尚未有锰超积累植物的报道。

通过在湘潭锰矿区进行一系列的野外调查,发现一种植物——商陆 *Phytolacca acinosa* Roxb. 对锰具有明显的积累功能,叶片内锰含量最高达 19299mg/kg,这是在中国境内首次发现的对锰具有超积累能力的植物。依据 Baker 和 Brooks 1983 年提出的参考值^[15],即把植物叶片或地上部(干重)中含 Cd 达到 100mg/kg,含 Co、Cu、Ni、Pb 达到 1000 mg/kg, Mn、Zn 达到 10000 mg/kg 以上的植物称为超积累植物,同时要满足 $S/R > 1$ 的条件(S 和 R 分别指植物地上部和根部重金属的含量),商陆 *Phytolacca acinosa* Roxb. 属于锰超积累植物。

表 1 野外生长条件下商陆对土壤锰的积累作用(湘潭锰矿)

Table 1 Manganese bioconcentration and translocation of *Phytolacca acinosa* Roxb. under field conditions in Xiangtan Manganese Mine, China

样号 No.	土壤锰含量 Mn in soils (mg/kg)	叶锰含量 Mn in leaves (mg/kg)	茎锰含量 Mn in stems (mg/kg)	果实锰含量 Mn in fruits (mg/kg)	根锰含量 Mn in roots (mg/kg)	叶/土 L/S ^①	叶/根 L/R ^②	茎/根 S/R ^③
SM1	52359	13218	1566	1385	1202	0.25	11.00	1.30
SM2	114013	16083	1085	2623	701	0.14	22.94	1.55
SM3	74965	14007	2539	1895	713	0.19	19.65	3.56
SM4	68592	12182	—	—	901	0.18	13.52	—
SM5	100376	19299	1825	2674	812	0.19	23.77	2.25
SM6	79013	12069	2277	2031	850	0.15	14.20	2.68

① 叶锰含量与土壤锰含量之比 Ratio of Mn concentrations in leaves to that in soils. ② 叶锰含量与根锰含量之比 Ratio of Mn concentrations in leaves to that in roots. ③ 茎锰含量与根锰含量之比 Ratio of Mn concentrations in stems to that in roots. 样品 SM4 为锰尾矿废弃地生长的商陆幼苗,茎部不明显,仅有叶片,因此未做茎部和果实锰含量分析

调查区位于湖南省湘潭锰矿废弃的尾矿区。矿区地处丘陵地带,属亚热带大陆性气候,年均气温 17.4℃,年均降雨量 1431.4 mm,年均蒸发量 1321.7 mm,气候温湿、四季分明。湘潭锰矿危害最大的是酸性废水,废气主要是高炉煤气,矿山的废渣包括掘进废石、高炉炉渣、高炉瓦斯灰、洗矿尾矿、尾泥等,商陆常成群分布生长在尾矿废弃地上。各采样点的土壤 pH 值为 7.42~7.48,土壤含锰浓度 52359~114013 mg/kg(平均值为 81553)。

不同地点的取样调查和化学分析结果(表 1)表明,商陆地上部(叶片、茎、果)锰含量高于地下部,尤其以叶片锰含量最高,最高达 19299mg/kg,最低也有 12069 mg/kg,平均锰含量 14476 mg/kg;而根部最高锰含量却只有 1202 mg/kg,平均含量 863 mg/kg。叶/根比值最大可达 23.77,茎/根比值最低也有 1.55,这表明商陆在高锰含量状态下,不但可以正常生长,而且还能从土壤环境中大量吸收锰、并从根部转运到地上部,尤其以叶片为最大。从商陆地上部的锰含量及锰从根向茎和叶的转运比值来看,商陆均具有明显的超积累植物特性^[13]。但是,叶锰/土壤锰比值界于 0.14~0.25 之间,均小于 1,这主要是因为废弃地土壤

锰含量过高所致,而有待修复的锰污染土壤锰含量远低于尾矿锰含量。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,土壤具有相似的物理化学性质,但是统计分析结果表明,商陆地上部(叶片和茎)锰含量与土壤锰含量之间没有显著的相关性,这与韦朝阳发现的大叶井口边草的结果相似^[14],它是否与土壤中锰的形态和植物生态型等因素有关,还有待进一步深入研究。

目前已知的绝大多数超积累植物生长慢、生物量小,且多为莲座生长,很难进行机械化作业,因此一些学者认为小型超积累植物不适宜大面积污染土壤的修复^[16]。鉴于此,国内外对筛选生物量较大、生长较快的超积累植物表现出浓厚兴趣。作者发现的商陆为多年生草本植物,高 0.5~1.5m,适应性强,在中国除东北、内蒙古、青海、新疆外均有分布;朝鲜、日本、印度也有分布。商陆的发现,为利用超积累植物对大面积污染土壤实施植物修复提供了有利的证据,对锰污染土壤的修复将具有很大的潜力,为探讨锰在植物体中的超积累机理和锰污染土壤植物修复的理论研究和实施提供了一种新的种质资源。

References:

- [1] Chan D W, Son S C, Block W, *et al.* Purification and characterization of ATM from human placenta. A manganese-dependent, wortmannion-sensitive servine/threonine protein kinase. *J. Biol. Chem.*, 2000, **275**:7803~7810.
- [2] Aschner, M. Manganese neurotoxicity and oxidative damage. In: Connor, J. R., ed. *Metals and oxidative damage in neurological disorders*. New York: Plenum, 1997. 77~93.
- [3] Zhu C C, Zhang B Y, Ye F L, *et al.* Effects of manganese exposure on male sexual hormone. *China Public Health*, 1999, **15**(1):63~64.
- [4] Martanian JP, Sala M, Henry M, *et al.* Manganese cations increase the mutation rate of human immune deficiency virus type 1 *ex vivo*. *J. Gen. Virol.*, 1999, **80**:1983~1986.
- [5] Guo Y, Wang K R, Hu R G. The status and improvement on manganese contaminated farmland in manganese mine in Hunan Province. *Agro-environmental Protection*, 1993, **12**(5):230~232.
- [6] Wan G J, Hu Q L, Cao L, *et al.* Resouce exploitation-environmental disaster-Geochemistry: an example from Fe and Mn pollution in Lake Aha, Guizhou Province. *Earth Science Frontiers*, 2001, **8**(2):353~358.
- [7] 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*. John Wiley & Sons. New York, 2000.
- [8] Myrna E W. Phytoremeditaion on the brink of commercialization. *Environ. Sci. Technol.*, 1997, **31**:182~186.
- [9] Cunningham S D, Berti W R, Huang J W. Phytoremediation of contaminated soils. *Bio-Technology*, 1995, **13**:393~397.
- [10] Baker A J M, McGrath S P, *et al.* The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling*, 1994, **11**:41~49.
- [11] Brooks R R. ed. *Plants that hyperaccumulate heavy metals*. CAB International, 1989.
- [12] Chen TB, Wei CY, Huang ZC, *et al.* Arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. and its arsenic accumulation. *Chinese Sci. Bull.*, 2002, **47** (11): 902~905.
- [13] Yang X, Long XX, Ni WZ, *et al.* *Sedum alfredii* H: A new Zn hyperaccumulating plant first found in China. *Chinese Sci. Bull.*, 2002, **47** (19): 1634~1637.
- [14] 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.
- [15] Baker A J M, Brooks P R, Pease A J, *et al.* Studies on copper and cobalt tolerance in three closey related taxa within the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) from Zaire. *Plant and Soil*, 1983, **73**:377~385.
- [16] 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] 朱长才,张本延,叶方立,等. 锰对接触男工性激素的影响. *中国公共卫生*, 1999, **15**(1):63~64.
- [5] 郭炎,王凯荣,胡荣桂. 湘中某锰矿区农田锰污染状况与改良途径. *农业环境保护*, 1993, **12**(5):230~232.
- [6] 万国江,胡其乐,曹龙,等. 资源开发-环境灾害-地球化学——以贵州阿哈湖铁锰污染为例. *地学前缘*, 2001, **8**(2): 353~358.
- [14] 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.