

# EDTA 对铅胁迫下香根草生长及铅积累特性的影响

朱宇林<sup>1</sup>, 谢华华<sup>2</sup>, 谭 萍<sup>1</sup>, 周兴文<sup>1</sup>, 黄肇宇<sup>1</sup>

(1. 玉林师范学院 生命科学与技术学院, 广西 玉林 537000; 2. 玉林市环境监测站, 广西 玉林 537000)

**摘 要:**以香根草为试材, 采用水培方法, 研究了 EDTA 对铅胁迫下香根草生长及铅积累特性的影响。结果表明: 单一 Pb 处理可明显抑制植株的生长, 香根草体内的 Pb 含量随 Pb 处理浓度的增加而显著增加, 根系 Pb 含量明显高于地上部。与单一处理相比, 添加 EDTA 处理后, 在一定程度上抑制了 Pb 污染下香根草的生长。EDTA 处理 14 d 植株内 Pb 的积累总量比单一 Pb 处理显著增加, 地上部与植株总吸收量 Pb 的比值均明显上升, 表明 EDTA 可促进香根草对 Pb 的吸收和积累, 同时促进 Pb 向香根草地上部运输。

**关键词:** EDTA; 香根草; 铅胁迫

**中图分类号:** S 153 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)02-0009-04

重金属铅是环境中重要的有毒污染物。随着含铅矿的开采和冶炼、蓄电池加工生产、电子废弃物回收拆解等产业的快速发展, 铅污染事件呈高发态势, 严重威胁人类健康, 因此, 对重金属铅污染环境的治理和修复已成为亟待解决的重大问题。植物修复是一种利用植物来净化、钝化或固定环境污染物从而去除或减少环境污染的一种环境治理技术, 正日益成为重金属污染土壤修复与重建的研究热点<sup>[1]</sup>。

香根草(*Vetiveria zizaniodes*)具有根系发达、适应性强、生物量大、生长期长、可多次刈割等特点, 在重金属污染和其它污染物生物修复等方面具有广泛的应用前景<sup>[2]</sup>。Chen 等<sup>[1]</sup>研究表明, 香根草作为一种生物量较大, 对 Cu、Zn、Pb 等重金属吸收量相对较大的植物备受关注, 在螯合剂的诱导下, 香根草修复技术有望成为恢复土壤生态的主要植物。Shen 等<sup>[3]</sup>研究表明, 一些有机化合物(如 EDTA 等)能显著提高土壤 Pb 的溶解, 促进植物对土壤 Pb 的吸收。但目前对螯合诱导强化植物提取金属的操纵机理尚不清楚, 国内关于香根草修复重金属污染土壤及化学诱导调控相关报道研究也较为鲜见。现以香根草为试材, 探讨了外源化学物质 EDTA 对香根草在重金属 Pb 胁迫下的生长特性和吸收 Pb 的效应, 以期利用香根草及化学诱导技术对重金属污染地区进行生态修复提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试材为长势一致的香根草幼苗。

**第一作者简介:** 朱宇林(1975-), 男, 博士, 副教授, 现从事森林生态学和植物生理生态学方面的研究工作。E-mail: gxzyl@163.com。

**基金项目:** 广西教育厅资助项目(200609LX068); 玉林师范学院高层次人才科研启动基金资助项目(G200704)。

**收稿日期:** 2011-10-26

### 1.2 试验方法

采用水培方法, 用 1/4 Hoagland 营养液预培养 1 个月后的香根草幼苗进行 Pb 胁迫处理。Pb 以  $Pb(NO_3)_2$  盐溶液的形式加入, 共设 4 个处理浓度: 0、2、4、6 mmol/L; 2 个 EDTA 处理浓度: 0.5、1 mmol/L, 共 10 个处理, 3 次重复。每天通气 1 h, 每 7 d 更换 1 次营养液, 置于温室生长(27℃)。铅处理 10 d, 再用 EDTA 处理 14 d 后收获植株。

### 1.3 项目测定

收获整株植物, 分别取根系和地上部, 用去离子水清洗干净, 吸水纸吸干表面水分, 小心分成老根、新根及地上部三部分, 称其鲜重。然后放入 85℃ 烘箱中烘干至恒重, 称量干重后用粉碎机粉碎成粉末状。植物样品用  $HNO_3$ -HCl-HClO 消解。消解液过滤定容后用英国 ICE3500 原子吸收光谱测定仪测定样品和溶液的 Pb 含量。

### 1.4 统计分析

试验数据均采用 Excel 和 SAS for Windows V8.01 统计分析软件处理, 用 Duncan 氏法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 Pb 和 EDTA 单一处理对香根草生长的影响

由图 1 可知, 香根草的地上部和根系的干重随着 Pb 处理浓度的升高而呈现出显著的下降趋势。表明在 Pb 处理浓度范围内, 香根草生长受影响比较明显, Pb 处理浓度的升高对香根草的生长有抑制作用。而不同 EDTA 浓度处理下香根草地上部和根系的干重变化不明显, 说明在试验中的 EDTA 处理浓度范围内, EDTA 对香根草的生长无显著的促进或抑制作用。

### 2.2 EDTA 对 Pb 处理下香根草生长的影响

在含 Pb 量为 2、4、6 mmol/L 的溶液中, 加入 0.5 和 1.0 mmol/L EDTA 处理 14 d 对香根草生长的影响各不

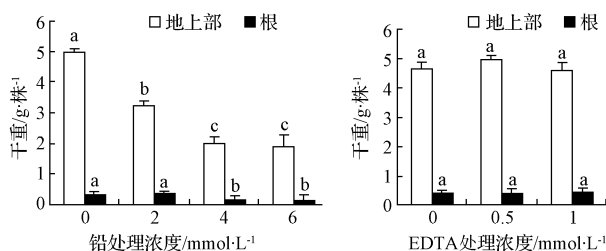


图1 Pb、EDTA 处理对香根草地上部和根系干重的影响

注:不同小写字母表示处理间有显著的差异( $P<0.05$ ),下同。

相同。EDTA 处理对香根草地上部干重的影响随 Pb 浓度的增加而明显(图2),3个复合处理香根草地上部干重分别比单一 Pb 处理降低了 3.22%~16.13%、8.70%~28.57%和 7.69%~15.38%。相比较地上部,EDTA 处理显著降低了含 Pb 溶液的香根草的根系干重,复合处理香根草地上部的干重分别比单一 Pb 处理分别降低了 26.53%~28.57%、30.43%~39.13%和 37.50%~39.58%。结果表明,EDTA 处理在一定程度上可抑制 Pb 污染下香根草的生长。

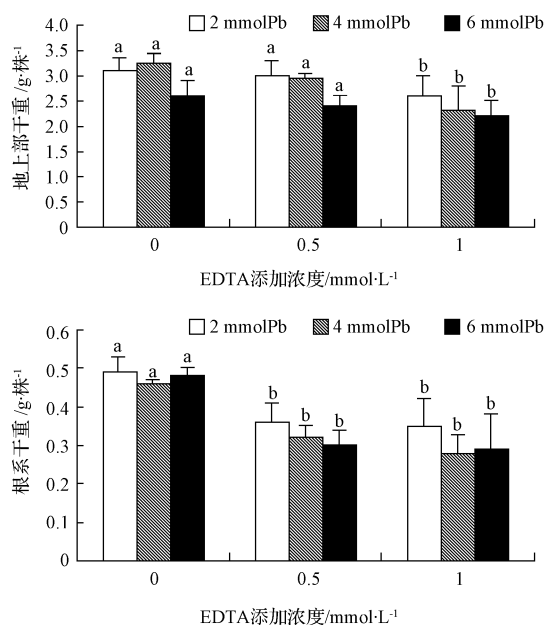


图2 EDTA 对 Pb 处理下香根草地上部和根系干重的影响

### 2.3 Pb 处理对香根草 Pb 含量的影响

不同浓度 Pb 处理对香根草吸收 Pb 有显著的影响。由图3可知,随溶液中 Pb 处理浓度的增加,香根草地上部和根系 Pb 含量均明显增加。其中 2、4、6 mmol/L Pb 处理香根草地上部 Pb 含量分别为对照的 25、34.6 和 56.2 倍,根系 Pb 含量分别为对照的 80.1、137.5 和 198.4 倍。在相同浓度处理下,香根草根系 Pb 含量远远的大于地上部 Pb 含量,表明 Pb 易于在香根草根系积累,向地上部运输较少。

### 2.4 EDTA 对 Pb 处理下香根草地上部及根系 Pb 含量的影响

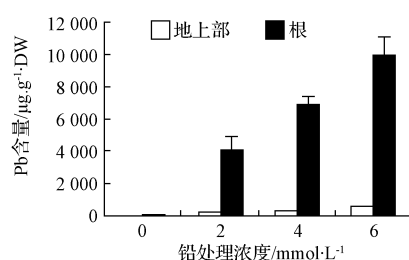


图3 Pb 处理对香根草地上部和根系 Pb 含量的影响

EDTA 处理显著影响植株根系 Pb 含量。由图4可知,在相同 Pb 浓度处理下,随 EDTA 处理浓度增加,香根草根系 Pb 含量呈明显上升趋势。如 0.5 和 1 mmol/L EDTA 处理 14 d,香根草根系 Pb 含量由 2 mmol/L Pb 单一处理的 3 200  $\mu\text{g/g}$  上升到 4 870 和 4 980  $\mu\text{g/g}$ , 6 mmol/L Pb 单一处理的 8 400  $\mu\text{g/g}$  上升到 8 800 和 9 200  $\mu\text{g/g}$ 。

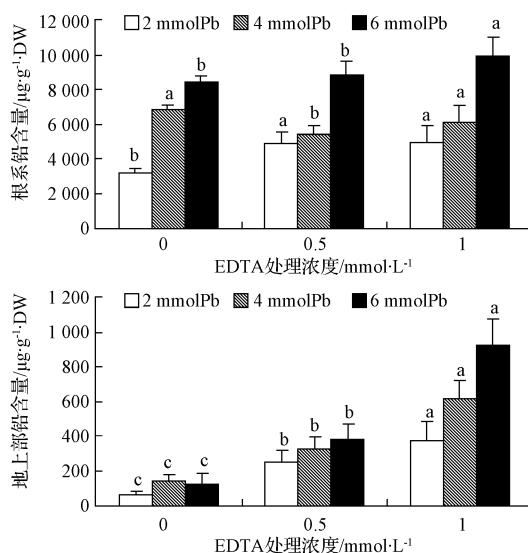


图4 EDTA 对 Pb 处理下香根草根系和地上部 Pb 含量的影响

由图4可知,施用 EDTA 处理 14 d 后,香根草地上部富集的 Pb 总量明显增加。如在低 Pb(2 mmol/L)溶液中,加入 0.5 和 1 mmol/L EDTA 处理后,植株地上部 Pb 含量分别由 70  $\mu\text{g/g}$  增加到 256 和 382  $\mu\text{g/g}$ , 6 mmol/L Pb 单一处理的由 130  $\mu\text{g/g}$  增加到 388 和 920  $\mu\text{g/g}$ 。

### 2.5 EDTA 对 Pb 处理下香根草地上部及根系 Pb 积累总量的影响

由图5可知,施用 EDTA 处理 14 d 后,香根草体内富集的铅总量显著增加。如 0.5 和 1 mmol/L EDTA 处理,植株 Pb 总吸收量分别为 Pb 单一处理的 2.04、1.73、2.57 倍和 2.23、2.59、4.16 倍。加入 EDTA 处理 14 d 后,香根草地上部与根系含 Pb 量的比值在不同 Pb 浓度处理之间变化不一。由图6可知,不同浓度的 Pb 处理在加入 EDTA 处理后,香根草地上部与植株总吸收量 Pb 的比值均有不同程度上升,并随 EDTA 浓度的增加,

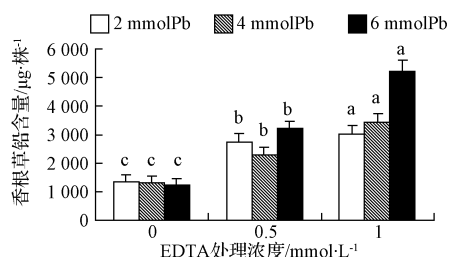


图5 EDTA 对 Pb 处理下香根草植株 Pb 总吸收量的影响

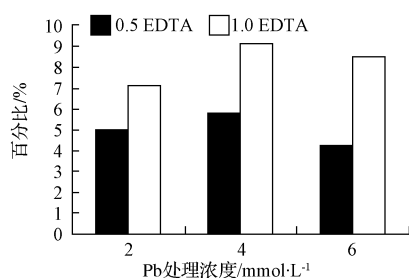


图6 EDTA 对 Pb 处理下香根草地上部 Pb 积累总量占植株总吸收量比例的影响

这种趋势亦明显。表明 EDTA 可促进香根草对 Pb 的吸收,同时也促进 Pb 向香根草地上部运输。

### 3 结论与讨论

Pb 是生物的非必需营养元素,在植物组织中的积累超过一定的阈值,就会对植物产生伤害,使植物体内的代谢过程发生紊乱,生长发育受到抑制<sup>[4-5]</sup>。如王慧忠等<sup>[6]</sup>研究发现,Pb 可引起草坪植物根量减少,根冠膨大变黑、腐烂,导致植物地上部分生物量的下降。付庆灵等<sup>[7]</sup>的研究表明,Pb 处理能使萝卜产量增加,但 Cd 能明显降低萝卜的生物产量。该试验结果表明,Pb 处理对香根草生长有明显的抑制作用,其原因可能是香根草在体内累积的 Pb 达到毒害水平,对根系和地上部分产生了直接伤害,尤其干扰了根细胞分裂,抑制了根系活力、根系的生长发育,从而表现为对根伸长的抑制及形态的改变<sup>[8]</sup>。在含 Pb 的各溶液中,加入 EDTA 处理在一定程度上抑制了香根草的生长,可能是外源 EDTA 对 Pb 的螯合,促进了香根草对 Pb 的吸收和积累,从而加剧了重金属对香根草地上部和根系干重的影响。

Truong P N V<sup>[9]</sup>研究表明,香根草地上部 Pb 含量达到 48 mg/kg 时,仍能正常生长,高于普通植物茎叶中 5~20 mg/kg 的含量。试验期内香根草在 2、4 mmol/L Pb 处理中香根草均能正常的生长,其地上部的 Pb 含量达到了 346 μg/g,表明香根草对 Pb 有良好的耐受性。Pb 的负电性极高,易与铝、铁-锰氧化物、有机质和碳酸盐等形成共价键,使大部分 Pb 成为难溶态<sup>[10]</sup>。有研究表明,EDTA 对金属离子有很强的螯合能力,可以增加土壤重金属的溶解度,影响重金属的存在形态<sup>[11]</sup>。该试验结果表明,在不施 EDTA 条件下,香根草地上部 Pb 的含量很低,大都不足 1 000 μg/g。添加 EDTA 处理后,能促进香根草对 Pb 的吸收和在植株地上部积累,香根

草地上部富集的 Pb 总量明显增加,这与在芥菜<sup>[12]</sup>、芥菜型油菜<sup>[13]</sup>上的研究结果相似。其原因可能与 EDTA 破坏根系控制离子跨膜运输的生理机制有关<sup>[14]</sup>,Pb-EDTA 螯合体可能通过根系内皮层和凯氏带的裂缝处而吸收<sup>[15]</sup>,并且通过木质部运输,积累于地上部。有关 EDTA 促进香根草吸收 Pb 的机理还有待更深入的研究。

试验中单一 Pb 处理下香根草吸收的 Pb 绝大部分积累在根部,加入 EDTA 处理后显著提高香根草地上部对 Pb 的积累,且随 Pb 和 EDTA 处理浓度的增加,植株地上部和根系吸收的 Pb 的比值上升亦明显,表明 EDTA 处理能明显提高香根草地上部运输 Pb 的能力。通过前人的研究基础及该试验结果表明,相对于其它植物,香根草对重金属有较强的耐受性且根部对重金属的富集能力强。香根草体内 Pb 向地上部迁移量少,通过动物和昆虫间接进入食物链的风险相对较小,应用于矿区地区的水土保持和根际过滤技术等研究潜力明显。

### 参考文献

- [1] Chen H M, Zheng C R, Shen Z Q. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals [J]. Chemosphere, 2000, 41: 229-234.
- [2] 田胜尼,刘登义,彭少麟,等. 香根草和鹅观草对 Cu、Pb、Zn 及其复合重金属的耐性研究[J]. 生物学杂志, 2004, 21(3): 15-26.
- [3] Shen Z G, Li X D, Wang C C, et al. Lead phytoextraction from contaminated soil with high-biomass plant species [J]. Journal of Environmental Quality, 2002, 31: 1893-1900.
- [4] 张利红,李培军,李雪梅,等. 镉胁迫对小麦幼苗生长及生理特性的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 458-460.
- [5] Zhang G P, Fukami M, Sekimoto H. Influence of cadmium on mineral concentrations and components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling stage [J]. Field Crops Res, 2002, 77: 93-98.
- [6] 王慧忠,何翠屏,赵楠. 铅对草坪植物生物量与叶绿素水平的影响[J]. 草业科学, 2003, 20(6): 73-75.
- [7] 付庆灵,胡红青,黎佳佳,等. 灰潮土 Cd、Pb 复合污染对萝卜产量品质和矿质元素吸收的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 231-234.
- [8] 张玲,李俊梅,王焕校. 镉胁迫下小麦根系的生理生态变化[J]. 土壤通报, 2002, 33(1): 62-65.
- [9] Truong P N V. An overview of research, development and application of the vetiver grass system (VGS) overseas and in Queensland [A]. In: Annual Report of the Vetiver Network [C]. New York: The Vetiver Network, 1997: 5-17.
- [10] McBride M B. Environmental Chemistry of Soils [M]. New York: Oxford University Press, 1994.
- [11] 丁竹红,胡忻,尹大强. 螯合剂在重金属污染土壤修复中应用研究进展[J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 777-789.
- [12] 李剑敏,杨劲楹,杨晓英,等. EDTA 对铅污染土壤上芥菜生长及铅积累特性的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1178-1181.
- [13] 陈亚华,沈振国,宗良纲. EDTA 对 2 种芥菜型油菜幼苗富集 Pb 的效应[J]. 环境科学研究, 2005, 18(1): 67-70.
- [14] Vassil A D, Kapulnik Y, Raskin I, et al. The role of EDTA in lead transport and accumulation by Indian mustard [J]. Plant Physiol, 1998, 117: 447-453.
- [15] Bell P F, McLaughlin M J, Cozens G, et al. Plant uptake of <sup>14</sup>C-EDTA, <sup>14</sup>C-Citrate, and <sup>14</sup>C-Histidine from chelator-buffered and conventional hydroponic solutions [J]. Plant and Soil, 2003, 253: 311-319.

# 红穗醋栗生物学特性及其适生性研究

古丽江·许库尔汗,海妮肯·山台

(新疆林业科学院,新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**对引进的原产于哈萨克斯坦、由俄罗斯选育的红穗醋栗品种“红1号”、“红2号”、“KPC”在新疆玛纳斯平原林场和额敏县不同立地条件下栽培,进行物候期观察比较。结果表明:2个不同区域栽培的红穗醋栗的物候期具有10~15 d的差异;在夏季炎热干燥、蒸发量较大的平原区栽培红穗醋栗如果水肥条件跟不上容易发生高温灼伤,停止生长等的现象,从而引起产量的降低。表明气候冷凉、土壤湿润、昼夜温差较大的区域是红穗醋栗最佳的栽培区域。

**关键词:**红穗醋栗;物候期;适应性

**中图分类号:**S 663.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)02-0012-03

红穗醋栗(*Ribes rubrum*)为虎耳草科(Saxifragaceae)茶藨子属(*Ribes* L.)小灌木,俗称红加仑,是茶藨子属的主要栽培种。红穗醋栗和其同属的黑穗醋栗即黑加仑均为世界著名的小浆果,其产品具有极高的食用、药用和保健价值,是制作高档饮品的原料,适合于加工成果汁、果粉、罐头、药用红酒等,是目前比较理想的绿色保健型食品,市场潜力很大。

红穗醋栗亚属在世界上共有19个种,其中俄罗斯

有10个种<sup>[1]</sup>。俄罗斯的红穗醋栗育种略晚于黑穗醋栗育种,最早开始进行育种的俄罗斯阿尔泰边疆区阿尔泰果树浆果试验站,从1937年开始进行红穗醋栗育种工作,但是,在第2次世界大战前俄罗斯国内育成的品种不多,主要是利用外引品种。之后才进行了大量的育种工作,取得了很大成就,例如育成了Валенсия(瓦林西娅)、Лидер(丽迪尔)、Ранняя сладкая(早甜)等许多优良品种,并在前苏联哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦北部等地区大面积应用推广,生产上发挥了重要作用。

为了响应新疆维吾尔自治区加快特色林果业发展的意见和调整林果业生产布局中提出的“积极发展酸梅、巴旦杏、阿月浑子、小浆果等特色树种”的具体目标,该试验通过收集优良种质资源,借鉴国外实用的生产栽培技术,引进和筛选出加工性能好、抗性强的红穗醋栗优良品种,开展新品种的丰产栽培试验研究,对丰富小浆果

**第一作者简介:**古丽江·许库尔汗(1966-),女,哈萨克族,高级工程师,现主要从事小浆果资源研究及引种选育工作。E-mail: gul-jan66@126.com。

**基金项目:**新疆维吾尔自治区科技厅国际科技合作处资助项目(200641136)。

**收稿日期:**2011-10-08

## Effects of EDTA on the Growth and Lead Accumulation of Vetiver Under Lead Stress

ZHU Yu-lin<sup>1</sup>, XIE Hua-hua<sup>2</sup>, TAN Ping<sup>1</sup>, ZHOU Xin-wen<sup>1</sup>, HUANG Zhao-yu<sup>1</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Yulin Normal University, Yulin, Guangxi 537000; 2. Yulin Environmental Monitoring Station, Yulin, Guangxi 537000)

**Abstract:** The effects of EDTA on the growth and lead accumulation characteristics of vetiver under lead stress were studied in solution culture experiment. The results showed plant growth of *Vetiveria zizanioides* was obviously inhibited by the simple lead treatment, the concentration of Pb in vetiver plant increased with Pb concentration in solution, and Pb contents in roots was higher than that in shoots. Compared with the simple Pb treatment, the growth of *Vetiveria zizanioides* was in a certain extent inhibited by EDTA adding to the Pb contaminated solution. Pb accumulations in the shoots and roots of *Vetiveria zizanioides* were significantly increased by EDTA treatment, the ratio of Pb contents in shoots and roots increased by EDTA treatment. It indicated that EDTA treatment improved Pb absorption and accumulation of *Vetiveria zizanioides*, and also promoted the Pb transportation to the shoots.

**Key words:** EDTA; *Vetiveria zizanioides*; lead stress