

铅对紫茉莉幼苗生长及元素吸收的影响

于凤鸣¹, 刘玉艳², 张维维¹

(1. 河北科技师范学院 生命科技学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 昌黎 066600)

摘 要:以紫茉莉为试材, 采用水培试验方法, 研究了铅(Pb)胁迫对紫茉莉幼苗生长及元素吸收的影响。结果表明: Pb 抑制紫茉莉根的生长, 低浓度 Pb(≤ 150 mg/L)促进紫茉莉地上部分的生长, 高浓度 Pb(≥ 200 mg/L)则抑制地上部分的生长; 当 Pb 浓度为 150 mg/L 时, 促进紫茉莉对 Ni、Cu、Mg、Fe、Pb 和 Cr 元素的吸收, 抑制了 Ca、Cd 和 Mn 元素的吸收, 促进了 Ca、Cu 和 Mg 元素向地上的转移, 抑制了 Ni、Cd、Cr、Fe、Pb 和 Mn 元素向地上转移。

关键词:铅(Pb); 紫茉莉; 生长; 元素吸收

中图分类号:S 685.16 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)23-0075-03

重金属是指比重大于 4 或 5 的金属, 约有 45 种, 如铜、铅、锌、铁、钴、镍等。常说的重金属污染指的就是因人类活动导致环境中的重金属含量增加, 超出正常范围, 并导致环境质量恶化。随着城市化、工业化、矿产资源的开发利用以及大量化学产品的广泛使用, 土壤重金属污染日趋严重, 威胁着人类的生存和发展。土壤中的重金属污染物不仅具有隐蔽性、不可逆性等特点, 而且可经水、植物等介质进入人体, 最终影响人类健康。因此, 如何控制和减轻土壤重金属污染及其危害已成为一个日益突出的问题。也正处于土壤重金属污染治理和恢复的难度大, 迄今仍未找到理想的方法^[1]。重金属在土壤中的自然净化过程十分漫长, 一般需要上千年时间。采用物理与化学治理技术(如客土法、淋溶法、施用

化学改良剂等)不仅费用昂贵、需要特殊的仪器设备和培训专门的技术人员, 而且大多只能暂时缓解重金属的危害, 还可能导致二次污染, 不能从根本上解决问题。通过种植超富集植物或一些对重金属抗性强、具有一定吸收富集能力且生物量大的特殊植物逐步提取土壤中的重金属元素, 进而修复污染土壤的方法—植物修复技术越来越受到重视。近年来, 重金属超富集植物的筛选备受国内外科学家们的广泛关注^[2-9], 已成为人们研究的热点, 且被认为具有巨大的商品化前景^[10-11]。

紫茉莉(*Mirabilis jalapa*)是在我国矿区发现的一种耐性植物, 具有生长迅速、生物量大、观赏价值高的特点。无论花坛、庭园、盆栽皆适合, 是春季常见的园林绿化植物。紫茉莉管理粗放, 容易生长, 注意适当施肥、浇水即可, 在略有蔽荫处生长更佳。

该试验以紫茉莉为试材, 研究铅(Pb)胁迫对紫茉莉幼苗生长及元素、吸收影响, 旨在进一步分析其对土壤重金属元素吸收富集的特征, 探讨其作为城市园林绿化

第一作者简介:于凤鸣(1966-), 男, 博士, 教授, 现主要从事植物抗性生理等研究工作。E-mail: yfm8371@163.com.

基金项目:河北省教育厅自然科学研究资助项目(2008445)。

收稿日期:2013-09-13

Abstract: With *Leymus chinensis* as experimental material, control was sustainable watering, this test adopted the two factors completely random design. The effect of drought stress on relative water content, osmotic adjustment substance and antioxidant enzymes activity were studied by pot experiment. The results showed that relative water content was decreased with aggravation of drought stress, reached about 20% after 2 weeks. Water retention of leaves was better, and with good drought tolerance. In the condition of natural dehydration the accumulation of MDA was increased gradually, particularly at later stages of drought, and plant was sensitive to drought. Pro content increased with the water stress time. A significant correlation existed between relative water content and Pro content ($R = -0.865$, $P = 0.026 < 0.05$). Accumulation of Pro content was a wound response for plant, and it was independent of drought resistance. Under drought stress soluble protein content increased at first but later decreased. SOD and CAT activity in control were lower than other treatments ($P < 0.05$), and both of them played a common role in preventing drought. POD activity in control was extremely lower than other treatments ($P < 0.01$).

Key words: *Leymus chinensis*; drought stress; completely random; antioxidant enzymes

植物美化环境的同时,净化土壤重金属污染的应用潜力。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试紫茉莉种子购自北京花仙子园艺有限公司, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 为分析纯试剂。

1.2 试验方法

试验于 2012 年 4 月至 2013 年 5 月在河北科技师范学院园艺科技学院园艺试验田和学校分析测试中心进行。将紫茉莉种子浸泡 12 h 后播于育苗盘中,1 个月后挑选生长健壮且长势一致的幼苗进行水培。将育好的幼苗根部浸没于 0.1% 的 KMnO_4 溶液 10 min 进行消毒杀菌,然后用蒸馏水冲洗掉 KMnO_4 。将处理后的紫茉莉幼苗置于 100 mL 锥形瓶中培养,锥形瓶中只含有营养液。为避免离子之间相互干扰只选用基本营养物质,其组成为:710 mg/L $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、560 mg/L KNO_3 。7 d 后待幼苗适应了水培环境,准备换溶液进行正式水培试验。

试验共设 4 个处理 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 的浓度分别为 50、100、150、200 mg/L,以不加 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 的营养液为对照(CK)。每瓶内放置 1 株紫茉莉,每个处理重复 4 次。每 3 d 更换 1 次培养液,室内通风良好,光照充足,30 d 后收获植株。将收获的样品用去离子水反复冲洗干净,将植株分成地上部和根 2 部分,于 105℃ 下杀青 20 min,然后在 80℃ 下烘干至恒重。

1.3 项目测定

在进行正式水培试验之前及水培结束后,测定株高和根长,水培结束后计算增长量。将烘干后的植物样品测定地上部和根的干重。

参考刘家女等^[12]方法,用浓 HNO_3 - HClO_4 (5:1) 消化样品,用等离子体原子发射光谱仪 ICP-AES (Fisons ARL Maxim III) 测定其中部分元素的含量。

1.4 数据分析

试验数据用 DPS 统计分析软件进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 Pb 对紫茉莉幼苗株高、根长和生物量的影响

由表 1 可知,当 Pb 浓度 ≤ 150 mg/L 时,处理组株高增长量均大于对照组,当 Pb 浓度 > 200 mg/L 时,处理组株高增长量小于对照组。说明低浓度 Pb 促进紫茉莉地上部分的生长,而随着 Pb 浓度的升高,又逐步表现为抑制作用。当 Pb 浓度为 150 mg/L 时,紫茉莉株高增长量与 100 mg/L 处理组差异显著,与其它处理组和对照差异极显著。

由表 1 可知,4 个 Pb 处理组中紫茉莉根的增长量较对照组都有所减小,表明紫茉莉根受到了 Pb 的毒害。

表 1 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 对紫茉莉幼苗生长及生物量的影响

Table Influence of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ on the seedling growth and biomass of *Mirabilis jalapa*

Pb 浓度 /mg · L ⁻¹	株高增长量 /cm	根长增长量 /cm	地上部干重 /g	地下部干重 /g
0(CK)	4.9 cC	9.8 aA	0.108 aA	0.43 aA
50	5.1 cBC	9.6 abA	0.099 aA	0.36 bAB
100	5.3 bAB	8.9 bA	0.091 aA	0.30 cBC
150	5.7 aA	7.8 cB	0.087 aA	0.26 cC
200	3.6 dD	5.6 dC	0.076 aA	0.19 dD

注:大、小写英文字母分别表示差异达 0.01、0.05 显著水平,以下同。

Note: Values followed by different lowercases or capitals within the same column are significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively, the same below.

除 50 mg/L Pb 处理与对照差异不显著外,其它处理组与对照组间差异均达到显著或极显著水平。

重金属污染条件下,植物地上部分和根部生物量一般会随重金属浓度的升高而下降^[13]。由表 1 可知,4 个 Pb 处理组的紫茉莉地上部和根系生物量较对照组都有所减小,且变化趋势一致。方差分析表明,各处理组地上部分生物量与对照组的差异均未达到显著水平,地下生物量与对照组的差异均达到显著水平,说明 Pb 对紫茉莉主要影响的是根,而对地上部的影响较小。该试验中对紫茉莉有促进作用的 Pb 浓度高于一般植物,这也说明了紫茉莉对 Pb 可能具有较强的耐受性,其耐受浓度为 150 mg/L。

2.2 Pb 对紫茉莉部分元素吸收的影响

植物对重金属的富集特征主要用转运系数(TF)和富集系数(EC)来反映。转运系数(TF)是地上部某元素质量分数与地下部某元素质量分数之比,用来评价植物将重金属从地下部向地上部的运输和富集能力^[14]。转运系数大于 1 意味着可以通过收获植物,将其吸收的大部分重金属移走。这是富集植物区别于普通植物对重金属富集的重要特征。该试验用 150 mg/L 的 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 处理紫茉莉,比较了对照与处理组之间地上部和根系中部分元素含量的变化。

2.2.1 Pb 对紫茉莉地上部元素含量的影响 由表 2 可知,处理组 Pb 、 Cu 和 Mg 的含量高于对照,其中 Pb 和 Cu 的含量与对照组差异不显著,而 2 组 Mg 含量达差异极显著水平。处理组 Cd 、 Ni 、 Ca 、 Mn 、 Fe 和 Cr 的含量小于对照,其中 Cd 、 Ca 、 Mn 、 Fe 和 Cr 含量的差异达到了极显著水平,但 2 组 Ni 的含量差异不显著。

2.2.2 Pb 对紫茉莉根部分元素含量的影响 由表 2 可知,处理组根中 Cr 、 Cu 、 Mg 、 Fe 、 Pb 、 Ni 和 Mn 的含量高于对照组。方差分析结果表明,处理组和对照之间 Cr 、 Cu 、 Mg 、 Fe 和 Mn 的含量差异不显著,但 Ni 差异显著。处理组根中 Cd 和 Ca 的含量小于对照,其中 Cd 含量差异达到显著水平,但 Ca 含量差异不显著。

2.2.3 Pb处理下紫茉莉部分元素转运的变化 由表2可知,当Pb浓度为150 mg/L时,促进了紫茉莉对Ni、Cu、Mg、Fe、Pb和Cr元素的吸收,抑制了Ca、Cd和

Mn元素的吸收,同时促进了Ca、Cu和Mg元素向地上部的转移,抑制了Ni、Cd、Cr、Fe、Pb、Mn元素向地上转移。

表2 Pb处理对紫茉莉部分元素吸收及转运的影响

Table 2 Influence of Pb on elements absorption and transport of *Mirabilis jalapa*

元素		Ni	Cd	Ca	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Cr
地上部	对照	57.80aA	71.83aA	15 942.20aA	32.44aA	992.84aA	537.84aA	2 271.36bB	52.81aA	58.19aA
	处理	30.74aA	8.33bB	10 386.31bB	44.89aA	605.07bB	871.26aA	3 512.20aA	45.64bB	42.92bB
根	对照	30.89bA	41.14aA	8 211.80aA	44.88aA	786.71aA	344.17bA	1 507.02aA	47.79aA	37.92aA
	处理	65.95aA	36.26bA	5 300.30aA	57.77aA	1 632.17aA	2 663.33aA	2 249.63aA	49.03aA	64.65aA
总量	对照	88.69aA	112.97aA	24 154.00aA	77.32aA	1 779.54aA	882.02bA	3 778.38bA	100.61aA	96.12aA
	处理	96.69aA	44.59bB	15 686.61bA	102.66aA	2 237.24aA	3 534.59aA	5 761.83aA	94.67bA	107.57aA
转运系数	对照	1.87aA	1.74aA	1.94aA	0.72aA	1.26aA	1.56aA	1.50aA	1.10aA	1.53aA
	处理	0.46bA	0.22bB	1.95aA	0.78bB	0.37bB	0.32bB	1.56bA	0.93aA	0.66bB

3 结论

Pb处理下,紫茉莉根的生长受到抑制,低浓度Pb(≤ 50 mg/L)对紫茉莉的生长基本没有影响,当Pb浓度为150 mg/L时,促进紫茉莉地上部分的生长,高浓度Pb(> 200 mg/L)时抑制地上部分的生长。当Pb浓度为150 mg/L时,促进了紫茉莉对Ni、Cu、Mg、Fe、Pb和Cr元素的吸收,抑制了对Ca、Cd和Mn元素的吸收,同时促进了Ca、Cu和Mg元素向地上的转移,抑制了Ni、Cd、Cr、Fe、Pb和Mn元素向地上的转移。

Pb能促进紫茉莉根系对该元素的吸收,但由于不能及时运输到地上部导致在根系的积累,从而引起对根的毒害。同时,Pb处理后促进了紫茉莉对Cr的吸收,可用于Cr污染土壤修复时对植物的处理。

参考文献

- [1] 沈振国,陈怀满.植物修复和重金属超富集植物[M].北京:中国农业大学出版社,2000:216-229.
- [2] 邵云,姜丽娜,李向力.五种重金属在小麦植株不同器官的分布特征[J].生态环境,2005,14(2):186-188.
- [3] Visoottiviset P,Francesconi K,Sridokchan W. The potential of *Thai-indigenous* plant species for the phytoremediation of arsenic contaminated land[J]. Environmental Pollution,2002,118:453-461.

- [4] Kennawy D J,Gilmore T A,Seamork R T. Effect of metal on feeding on serum prolactin and gonadotropy levels and on set of season alestyon segelcity in sheep[J]. Endocrinology,1992,110:1766-1772.
- [5] Salt D E. Phytoextraction: present applications and future promise[J]. Environmental Science and Pollution Control Series,2000:729-744.
- [6] 魏树和,周启星,王新.农田杂草的重金属超积累特性研究[J].中国环境科学,2004,24(1):156-158.
- [7] 吐尔逊·吐尔洪,再吐尼古丽·库尔班,叶凯.重金属Cd和Pb在甜高粱幼苗体内的积累特性研究[J].中国农学通报,2013,29(3):80-85.
- [8] 朱秀敏,王僧虎,李丽.几种苔藓植物对五种重金属富集能力的比较[J].北方园艺,2012(23):88-90.
- [9] 田大伦,闫文德,项文化.5种抗性植物对湘潭尾矿不同改良方式的适应性研究[J].中南林学院学报,2006,26(6):1-5.
- [10] 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[J].生态学报,2001,21(7):1196-1203.
- [11] Chaney R L,Malik M,Li Y M,et al. Phytoremediation of soil metals[J]. Curr Opin Biotechnol,1997,8(3):279-284.
- [12] 刘家女,周启星,孙挺,等. Cu-Pb复合污染条件下3种花卉植物的生长反应及超积累特性研究[J].环境科学学报,2006,26(12):2039-2044.
- [13] 涂从,郑春荣,陈怀满.土壤植物系统重金属与养分元素交互作用[J].中国环境科学,1997,17(6):526-529.
- [14] 徐卫红,王宏信,李文一,等.重金属富集植物黑麦草对Ni的响应[J].水土保持学报,2006,20(3):33-36.

Effects of Pb on the Growth and the Elements Absorption of *Mirabilis jalapa* Seedlings

YU Feng-ming¹, LIU Yu-yan², ZHANG Wei-wei¹

(1. College of Life Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004; 2. College of Horticulture and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600)

Abstract: Taking *Mirabilis jalapa* as material, growth responses and elements accumulating characteristics at Pb stress by aquatic culture were studied. The results showed that, low concentrations of Pb inhibited roots growth, Pb (≤ 150 mg/L) promoted the growth of shoot, and inhibited its growth at higher concentration (≥ 200 mg/L). Meantime, 150 mg/L Pb promoted the absorption of Ni, Cu, Mg, Fe, Pb and Cr, but inhibited Ca, Cd and Mn. Pb promoted the transport of Ca, Cu and Mg from the underground parts to the shoots, but inhibited Ni, Cd, Cr, Fe, Pb and Mn transport.

Key words: Pb; *Mirabilis jalapa*; growth; elements absorption