

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.01.010

3种用材林木对Pb耐受性和吸附性研究

付卓锐,陈思多,黄伊嘉,吴斌,莫开林*

(四川省林业科学研究院,四川成都 610066)

摘要:本研究在温室沙培盆栽条件下对3种用材林木巨桉(*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden)、红椿(*Toona ciliata* Roem)、楠木(*Phoebe nanmu* (Oliv.) Gamble)进行重金属Pb的胁迫试验。结果表明,桉树、楠木和红椿植株对Pb都有一定吸收能力,其体内都存在Pb的吸收机制。在本试验条件下,楠木植株吸收重金属Pb的能力是桉树植株的3.63倍,是红椿植株的4.2倍;桉树植株吸收重金属Pb的能力是红椿植株的1.16倍。

关键词:用材林木;Pb耐受性;吸附性

中图分类号:S718.43

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2016)01-0051-05

Research on the Tolerance and Absorbability of Three Kinds of Commercial Timber to the Heavy Metal Pb

FU Zhuo-rui CHEN Si-duo HUANG Yi-jia WU Bin MO Kai-lin

(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610066, China)

Abstract: In this study, stress experiments of heavy metal Pb were carried out on the three kinds of commercial timber—*Eucalyptus grandis*, *Toona ciliata* and *Phoebe nanmu* with sand pot-planting method indoors. The result showed that the three kinds of timber all had certain absorptive ability to Pb, and there might be an absorption mechanism in all of their bodies. Under the experimental conditions, the absorptive ability to Pb of *Phoebe nanmu* was 3.63 times than that of *Eucalyptus*, and 4.2 times than that of *Toona ciliata*, and the ability of *Eucalyptus* was 1.16 times than that of *Toona ciliata*.

Key words: Commercial timber tree, Lead, Tolerance, Absorbability

至2012年底,四川省林业产业基地总规模达到570万 hm^2 ,四川省现有核桃、板栗、花椒、银杏、油橄榄、各种笋类等丰富的森林食品资源,但随着经济发展,工业化进程的加快和环境的恶化,重金属对森林食品基地环境土壤的污染会对森林食品产品产生富集,如何对重金属污染的森林土壤进行迁移和修复亟待解决,迫切需要寻找在不破坏土壤物理化学性质的前提下治理重金属污染土壤的新途径,植物修复是首选方法^[1-2]。本文通过温室砂培的方法研究了3种用材林木(桉树、楠木、红椿)在不同Pb处理浓度下,植株体内Pb含量动态变化、根系耐性指

数,并拟定和比较了3种树木对Pb耐性临界值的下限,为利用乡土用材林修复重金属污染土壤提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

树木种类:桉树、楠木、红椿,植株年龄均为1a。

树木来源:四川省林科院生物技术与良种繁育研究所。

收稿日期:2015-08-13

基金项目:四川省公益性科研院所基本科研项目(JB201406)。

作者简介:付卓锐(1983-),女,硕士研究生,从事森林食品检验及监测工作。E-mail:85908408@qq.com。

通讯作者:莫开林(1970-),男,高级工程师,从事林产品质量安全检验监测工作。Tel:13982271256, E-mail:mokailin@126.com。

采用温室砂培盆栽试验,沙子用2% HNO₃溶液浸泡过夜,然后用蒸馏水洗净,每500 g装盆,共装180盆。选树龄相近,每种用材林木选取长势一致的幼苗,用蒸馏水洗净根系泥土,移植于盆沙中,按Hoagland配方浇营养液^[3]。

1.2 方法

1.2.1 污染处理方法

移植幼苗按Hoagland配方浇营养液培养30 d后,幼苗正常生长,然后浇醋酸铅处理液,处理液浓度(以纯Pb计)为100 mg·L⁻¹、200 mg·L⁻¹、400 mg·L⁻¹、800 mg·L⁻¹、1 500 mg·L⁻¹(分别标记为处理1,2,3,4,5)每个种类各浓度处理30株,并做对照组(不加醋酸铅处理液),共180株。分别经30 d、60 d、90 d、120 d,随机取试验植株全株3棵进行分析。研究和比较各种树不同Pb浓度胁迫下体内的Pb含量,以及根系的耐性指数以及Pb含量耐性临界值^[4]。

1.2.2 分析方法

(1)Pb元素的测定:每个水平随机抽取3棵植株全株用自来水清洗干净,再用去离子水清洗3次后阴干,粉碎研磨后过60目尼龙筛备用,称取试样1 g于锥形瓶中,放数粒玻璃珠,加入10:1的混酸(硝酸:高氯酸)10ml,加短颈漏斗浸泡过夜,隔天于电炉上消解,若变棕黑色,再加混合酸,直至冒白烟,消化液呈透明,趁酸挥净,放冷,用滴管将试样消化液滤入25 mL容量瓶中,用1%的硝酸少量多次洗涤锥形瓶,洗液合并于容量瓶中并定容至刻度,混匀备用。消解液中重金属Pb的含量采用石墨炉原子吸收分光光度计(Agilent AA240Z)进行测定^[5]。

(2)根系耐性指数(Root tolerance index)是各处理的根系长度与对照的根系长度的比值,可以很好地反映植物对重金属的耐性情况^[6]。在本试验中,将3种树木不同Pb浓度胁迫120d后的植株收获后,量取各处理以及对照组的根系长度,计算3种树木不同处理下的根系耐性指数。

根系耐性指数(RTI) = 各处理根系长度/对照根系长度。

2 结果与分析

2.1 3种树木不同浓度处理后Pb含量分析

各植物对Pb元素的吸收和积累特性是不相同的。3种植株在不同处理浓度下的含Pb量,与对照相比,均达显著水平。

2.1.1 桉树植株Pb胁迫情况分析

表1为桉树植株在不同处理浓度下动态含铅量,从表1中数据可以看出,桉树植株在Pb不同处理浓度下的含铅量与对照相比,均达显著水平。不同浓度处理下,随着时间的增长,植株中的含铅量不断的增高;相同时间下,随着处理浓度的增加,植株中的含铅量均呈现出先增高后降低的趋势。

表1 桉树不同处理浓度下Pb含量(mg·kg⁻¹)

树种\时间	对比	30 d	60 d	90 d	120 d	
桉树	处理1	1.01	1.23	1.41	1.65	1.79
	处理2	1.01	1.32	1.66	1.89	2.29
	处理3	1.01	1.57	2.09	2.63	3.33
	处理4	1.01	1.59	2.04	2.93	3.21
	处理5	1.01	1.37	1.69	2.08	2.45

图1为桉树植株不同Pb浓度处理下含铅量动态变化,可以看出不同浓度处理下,随着时间的增长,植株中的含铅量不断的增高,且不同处理浓度铅含量动态增加的速率不同,处理3(400 mg·kg⁻¹)和处理4(800 mg·kg⁻¹)的增加速率显著高于其他处理,处理4(800 mg·kg⁻¹)在90 d胁迫后增加速率变缓。

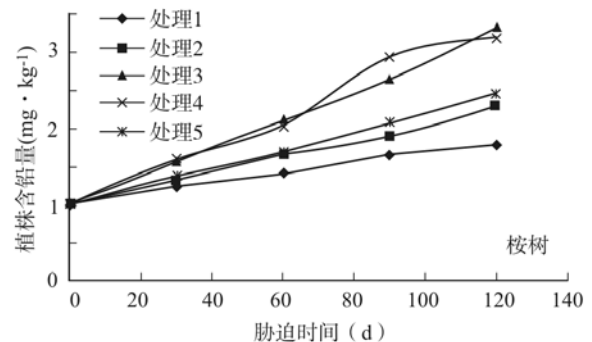


图1 桉树植株不同Pb浓度处理下含铅量动态变化

2.1.2 楠木植株Pb胁迫情况分析

表2为楠木植株在不同处理浓度下动态含铅量,从表中数据可以看出,楠木植株在Pb不同处理浓度下的含铅量与对照相比,均达显著水平。不同浓度处理下,随着时间的增长,楠木植株中的含铅量不断的增高;相同时间下,随着处理浓度的增加,楠木植株中的含铅量均呈现出先增高后降低的趋势。

表2 楠木不同处理浓度下Pb含量(mg·kg⁻¹)

树种\时间	对比	30 d	60 d	90 d	120 d	
楠木	处理1	1.59	2.26	2.83	3.51	4.19
	处理2	1.59	3.3	5.12	6.5	8.12
	处理3	1.59	4.14	6.77	9.38	11.87
	处理4	1.59	4.19	6.73	9.72	12.09
	处理5	1.59	4.07	6.74	9.12	11.04

图 2 为楠木植株不同 Pb 浓度处理下含铅量动态变化,可以看出不同浓度处理下,随着时间的增长,楠木植株中的含铅量不断的增高,且不同处理浓度铅含量动态增加的速率不同,处理 3 (400 mg · kg⁻¹) 和处理 4 (800 mg · kg⁻¹) 的增加速率显著高于其他处理。

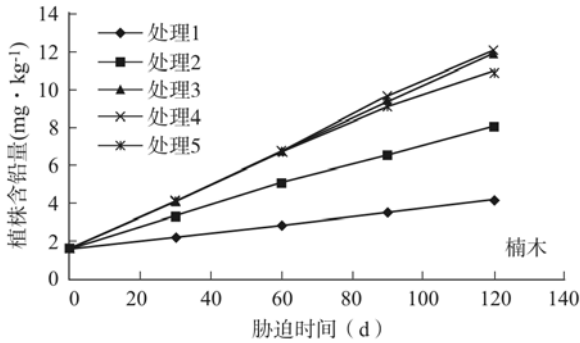


图 2 楠木不同 Pb 浓度处理下含铅量动态变化

2.1.3 红椿植株 Pb 胁迫情况分析

表 3 为红椿植株在不同处理浓度下动态含铅量,从表中数据可以看出,红椿植株在 Pb 不同处理浓度下的含铅量与对照相比,均达显著水平。不同浓度处理下,随着时间的增长,红椿植株中的含铅量不断的增高;相同时间下,随着处理浓度的增加,红椿植株中的含铅量均呈现出先增高后降低的趋势。

表 3 红椿植株不同处理浓度下 Pb 含量 (mg · kg⁻¹)

树种\时间	对比	30 d	60 d	90 d	120 d	
红椿	处理 1	0.93	1.11	1.36	1.63	1.86
	处理 2	0.93	1.35	1.77	2.13	2.59
	处理 3	0.93	1.44	1.95	2.37	2.88
	处理 4	0.93	1.28	1.65	2.02	2.16
	处理 5	0.93	1.23	1.47	1.82	1.94

图 3 为红椿植株不同 Pb 浓度处理下含铅量动态变化,可以看出不同浓度处理下,随着时间的增长,红椿植株中的含铅量不断的增高,且不同处理浓度铅含量动态增加的速率不同,处理 3 (400 mg · kg⁻¹) 增加速率显著高于其他处理。

综合 3 种植株 Pb 胁迫情况分析,可知桉树、楠木和红椿对 Pb 都有一定的吸收能力,可能其体内都存在 Pb 的吸收机制。但随着处理浓度的增加,中的含铅量均呈现出先增高后降低的趋势,这可能与植株的耐受情况有关,在生长环境 Pb 离子浓度高到一定程度时会对植株生长产生抑制作用,使其生长缓慢,吸收富集 Pb 的能力下降。

2.2 3 种植物的 Pb 富集增长速率比较

对 3 种植物不同 Pb 浓度处理下含铅量增高的

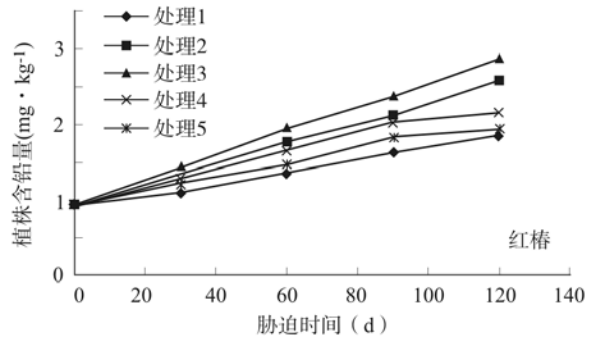


图 3 红椿植株不同 Pb 浓度处理下含铅量动态变化动态变化作图进行分析,如上图 1、2、3,发现随着 Pb 离子浓度的增高,3 种植物的 Pb 富集增长速率有显著不同。

综合 3 种植物不同 Pb 浓度处理下含铅量动态变化速率图,选处理 3 (400 mg · kg⁻¹) 为 3 种植物 Pb 胁迫试验中速率较高的处理,作同浓度处理下 3 种植物吸附速率比较,如图 4 所示。

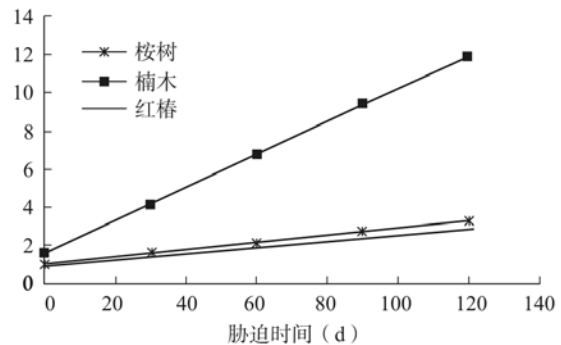


图 4 Pb 浓度 400 mg · kg⁻¹ 处理下 3 种植物吸附速率比较

图 4 中所示,横轴代表胁迫时间 (d),纵轴代表在处理 3 (400 mg · kg⁻¹) Pb 溶液胁迫下各植株的含铅量。从图中可直观的看出,在处理 3 的胁迫下楠木植株吸附速率显著高于桉树和红椿,吸附速率大小依次为:楠木 > 桉树 > 红椿,说明相比较下,楠木植株能把吸收的 Pb 较多地运输到地上部,其体内可能存在良好的 Pb 运输机制,有待进一步研究。

2.3 3 种植物在 Pb 胁迫下的根系耐性比较

在重金属与植物作用时,根首先接触重金属,对重金属进行吸收或排斥,同时根细胞壁中存在大量交换位点,能将重金属离子交换吸收或固定,从而促进或阻止重金属离子进一步向地上部分运输^[7],因此根系耐性指数是用来反映植物对重金属耐性大小的一个非常重要的指标^[8]。表 4 为 3 种植物在不同 Pb 处理下 120 d 后的植物根系长度与各自对照组根系长度的比较,可以看出不同处理与对照组相比,差异显著。

表4 3种树木不同Pb处理下植物根系长度(cm)

树种\浓度	对比	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
桉树	13.8	17	15.5	13.2	10.23	7.9
楠木	18.7	22.2	25.9	20.2	16.83	13.57
红椿	11.19	13.5	11.8	10.08	8.21	6.79

将表4中的植物根系长度数值带入植物根系耐性指数(RTI)的计算公式得出3种植株不同Pb处理下植物根系耐性指数如表5所示,作3种植株不同Pb处理下植物根系耐性指数(RTI)的柱形图(图5),以进行直观的比较如下:

表5 3种树木不同Pb处理下植物根系耐性指数(RTI)

树种\浓度	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
桉树	1.23	1.12	0.96	0.74	0.57
楠木	1.19	1.39	1.08	0.90	0.73
红椿	1.21	1.05	0.90	0.73	0.61

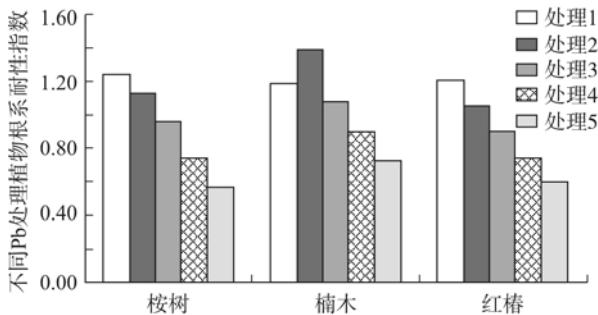


图5 3种树木不同Pb处理下植物根系耐性指数(RTI)

从图5可以看出,在处理1中,3种树木的根系耐性指数均大于1.0,说明低浓度的Pb处理对3种树木根系的生长有促进作用,但随着Pb离子浓度的增加,桉树和红椿植株的根系耐性指数降低,从处理3开始,桉树和红椿植株就表现出不适应症状,根系长度小于对照,生长受阻,而楠木植株在处理3中却表现了很好的耐性;且桉树和红椿植株随着处理浓度的增加,根系耐性指数开始降低,而楠木植株从处理2之后的浓度胁迫,才出现根系耐性指数降低的情况,进一步的说明从处理1到处理2的浓度增高胁迫,对楠木植株根系生长有一定的促进作用,楠木植株在处理2的胁迫下比桉树、红椿的耐性更优。

从胁迫试验中植物生长状态来看,高浓度处理的植株老叶黄化干枯,边缘卷曲,已明显表现出失绿症状,根系根毛稀疏,颜色变褐变黑,说明高浓度的重金属Pb已经抑制了植株体内正常生理生化活动,植株的正常生长受到了干扰。

2.4 3种植株含Pb量耐性临界值下限的比较

不同植物的耐性临界值有上限和下限两个指

标,把植物根系耐性指数约等于1.0时,该植物体内的重金属含量定为临界值的下限,当植物的重金属含量超过临界值的下限时,植物的根系生长受阻,植物不能正常生长;在重金属污染条件下植物体内的重金属含量最高且能够生长时其体内的含量定为临界值的上限,它表明当植株重金属含量超过此阈值,植株体内的防御机制彻底破坏,植物受到严重毒害,甚至死亡^[9]。根据此定义,结合本项目试验情况,可用试验中植株全株含铅量表示出3种植株对Pb耐性临界值的下限能力大小。经查,植物根系耐性指数约等于1.0时,桉树、楠木、红椿的Pb含量如表6所示。

表6 3种树木对Pb耐性临界值的下限能力比较

	桉树	楠木	红椿
RTI=1.0时	3.33 mg · kg ⁻¹	12.09 mg · kg ⁻¹	2.88 mg · kg ⁻¹

可以看出,在本试验条件下,楠木植株吸收重金属Pb的能力是桉树植株的3.63倍,是红椿植株的4.2倍;桉树植株吸收重金属Pb的能力是红椿植株的1.16倍。

3 结果与讨论

(1) 在本试验中,桉树、楠木和红椿植株对Pb都有一定的吸收能力,可能其体内都存在Pb的吸收机制。但在生长环境Pb离子浓度高到一定程度时会对植株生长产生抑制作用,使其生长缓慢,吸收富集Pb的能力下降。

(2) 选处理3(400 mg · kg⁻¹)为3种植株Pb胁迫试验中速率较高的处理,作同浓度处理下3种植株吸附速率比较,显示,在处理3的胁迫下楠木植株吸附速率显著高于桉树和红椿,说明,楠木植株能把吸收的Pb较多地运输到地上部,其体内可能存在良好的Pb运输机制,有待进一步研究。

(3) 3种树木不同Pb处理下植物根系耐性指数(RTI)比较中,可以看出,低浓度的Pb处理对3种树木根系的生长有促进作用。但随着Pb离子浓度的增加,桉树和红椿植株的根系耐性指数降低,从处理3开始,二者就表现出不适应症状,根系长度小于对照,生长受阻,而楠木植株在处理3中却表现了很好的耐性。

(4) 用植株全株含铅量表示出3种树木对Pb耐性临界值的下限能力大小比较显示:在本试验条

件下,楠木植株吸收重金属 Pb 的能力是桉树植株的 3.63 倍,是红椿植株的 4.2 倍;桉树植株吸收重金属 Pb 的能力是红椿植株的 1.16 倍。楠木和桉树都可以作为先锋植物去修复被 Pb 污染的土壤,一方面可在避免种植食用性植物前提下对重金属污染的土壤实行植物修复,另一方面可缓解当前木材资源供给压力,提高经济收益,具有明显的科学和现实意义。

参考文献:

- [1] Wang Q R, Liu X M, Cui Y S, et al. Concept and advances of applied bioremediation of organic pollutants in soil and water[J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(1): 159 ~ 163 (in Chinese).
- [2] Wang Q R, Cui Y S, Dong Y T. Phytoremediation—An effective approach of heavy metal cleanup from contaminated soil[J]. Acta

Ecologica Sinica, 2001, 21(2): 326 ~ 331 (in Chinese).

- [3] 聂俊华,刘秀梅,王庆仁. Pb(铅)富集植物品种的筛选[J]. 农业工程学报, 2004, 7, 20(4): 255 ~ 258.
- [4] 刘秀梅,聂俊华,王庆仁. 6 种植物对 Pb 的吸收与耐性研究[J]. 植物生态学报. 2002, 26(5): 533 ~ 537.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB 5009. 12—2010 食品安全国家标准 食品中铅的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2010.
- [6] 朱云集,王晨阳,马元喜,等. 砷胁迫对小麦根系生长及活性氧代谢的影响[J]. 生态学报. 2000, 20: 707 ~ 710.
- [7] Matos A. T., C. Uhlig E. Hansen & E. Magel. Ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to heavy metal pollution. Environmental Pollution, 2001, 112: 121 ~ 129.
- [8] 徐卫红,熊治廷,李文一,等. 4 品种黑麦草对重金属 Zn 的耐性及 Zn 积累研究[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(6): 785 ~ 790.
- [9] 石汝杰,陆引罡. 4 种草本植物对重金属铅的耐性研究[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(7): 51 ~ 53.

(上接第 114 页)

5 结论

信息技术在现代旅游新业态的构建中起着至关重要的作用。基于数据协同的景区安全预警和应急救援管理体现了现代旅游信息化新业态的发展方向。我国自行研发的北斗导航系统在技术层面上对景区综合安全管理提供了支撑。本研究针对现代景区安全管理的技术难点,在前人的要素研究和原因探讨的基础上,探索北斗技术在旅游领域的运用价值,并进一步厘清北斗卫星导航技术在山地休闲旅游的安全预警和应急救援中的实施路径。本研究提出了基于 SAR 的全域搜救子系统和 LBS 数据协同应急救援管理系统,是对该领域的深化。

参考文献:

- [1] 席建超. 旅游地安全风险评估模式研究——以国内 10 条重点

探险旅游线路为例[J]. 山地学报, 2007, (3).

- [2] 邹金仁. 北斗卫星导航系统在旅游景区的应用[J]. 发展研究, 2013, (2).
- [3] 高玲,郑向敏. 国外旅游安全研究综述[J]. 旅游论坛, 2008.
- [4] 雍江. 基于北斗卫星导航系统在旅游行业中的研究及应用[J]. 网络安全技术与应用, 2014.
- [5] 任学慧,王月. 滨海城市旅游安全预警与事故应急救援系统设计[J]. 地理科学进展, 2005.
- [6] 胡叶,陈晓红. 国内外山地旅游研究综述[J]. 河北旅游职业学院学报, 2013.
- [7] 刘基余. 北斗卫星导航系统的现况与发展[J]. 遥测遥控, 2013, 34(3).
- [8] 岑乔,魏兰. 山地旅游安全预警与应急救援体系的构建[J]. 云南地理环境研究, 2010.
- [9] F. Lawson and M. Boyd-Bovy. Tourism and Recreation Development—A Handbook on Evaluating Tourism Resources, Architectural Press, 1977.
- [10] I. J. Lindsay. Carrying Capacity for Tourism Development in National Parks of the United States, UNEP Industry and Environment, 1986, 9(1).