

文章编号:1001-7380(2015)06-0015-04

不同类型灌木柳树在铅污染立地上的生长表现

黄瑞芳,王红玲,施士争

(江苏省林业科学研究院 江苏省农业种质资源保护与利用平台柳树资源圃,江苏 南京 211153)

摘要:通过大田试验,测定了23个不同类型灌木柳树在铅污染土地(270 mg/kg)的存活率、苗高、萌枝数和干物质质量,结果显示不同灌木柳的生长表现存在显著差异,初步筛选出生长表现较优的灌木柳树无性系2343,35-9,55-2,2358和2413,为进一步筛选具备修复铅污染土壤能力的灌木型柳树提供材料。

关键词:灌木柳树;铅;存活率;苗高;萌枝数;干物质质量

中图分类号:S792.11;X503.235 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2015.06.004

Growth performance of 23 types of bush willow in the lead-polluted site

HUANG Rui-fang, WANG Hong-ling, SHI Shi-zheng

(Jiangsu Academy of Forestry Willow Nursery of The Jiangsu Provincial Platform
for Conservation and Utilization of Agricultural Germplasm, Nanjing 211153, China)

Abstract: We examined the survival rate, stem height, resprouting number and dry weight of 23 types of bush willow under lead pollution (270 mg/kg) site by a field test. Significant variations were found among them in growth performance, and our data indicated that Clone 2343, 35-9, 55-2, 2358 and 2413 had rather better growth performance, which might lay foundation for the subsequent choice of the potential bush willow candidates for phytostabilization of Pb-contaminated soils.

Key words: Bush willow; Lead; Survival rate; Stem height; Resprouting number; Dry weight

重金属污染日益严重,其在土壤-植物系统中的行为越来越引起了人们的高度重视。我国及世界各地普遍存在土壤铅污染情况,尤其在矿山、冶炼厂和公路周围,铅污染情况更为严重^[1]。铅在作物的可食部位过量积累后,通过食物链进入人体或动物体,从而造成严重危害^[2]。依据我国现行的国家土壤环境质量标准 GB15618-1995^[3],环境保护部曾公告征求修行意见,2008年征求意见稿认为,水田、旱地的铅含量需小于80 mg/kg。因此,治理铅污染土壤是一项迫在眉睫的研究课题。而传统治理土壤重金属污染的物理和化学方法,如淋洗法、固化法、客土法等,代价昂贵,且可能造成地下水或其他介质的潜在污染。植物修复技术是近10 a来发展起来的一种经济有效,且具有广泛应用前景的绿色生物技术,具有成本低,不破坏土壤生态环

境,不引起2次污染,保护人类健康和易为大众接受等优点,已逐步发展成为当今环境科学领域的一个研究热点^[4]。

柳树是我国重要的树种,种类丰富,分布广泛,能护堤防浪,治水保土,防风固沙,绿化沙荒,具有很高的经济价值,我国已在柳树造林、经营和育种方面取得显著进展。柳树易繁殖,生长快,萌发力强,具有较强的重金属固着、吸收能力,适应于不同的土壤类型,是最适宜进行植物修复的木本植物^[5],可通过超短轮伐期栽培和周期性收获地上生物量逐步降低土壤中重金属含量,达到修复和净化土壤的目的^[6-7]。欧美等地区广泛用于修复Zn, Cd, Pb等重金属污染^[6,8-10]的柳树,涉及许多种及无性系,但这些种有的在我国无分布,有的栽培不广,因此有必要挖掘、开发与利用我国丰富的柳树

收稿日期:2015-09-28;修回日期:2015-10-28

基金项目:江苏省科技支撑计划(社会发展)项目“柳树修复土壤铅污染的关键技术”(BE2012778);林业公益性行业科研专项“柳树能源林及环境修复兼用型新品种选育”(201204812)

作者简介:黄瑞芳(1988-),女,安徽庐江人,研究实习员,硕士,研究方向:植物修复。

种质资源。本研究比较了不同灌木柳树在铅污染土壤的生长情况,为今后利用柳树进行铅污染立地的生态修复提供材料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于张家港市某电池厂旧址,该地区属北亚热带南部湿润性气候区,气候温和,四季分明,雨水充沛,经测定,试验地铅含量为 270 mg/kg。

1.2 供试材料

试验参试材料共有杞柳(*Salix integra*),蒿柳(*S. viminalis*),以及黄花柳(*S. caprea*)、毛枝柳(*S. dasyclados*)、二色柳(*S. alberti*)、耳柳(*S. aurita*)、欧洲红皮柳(*S. sinopurpurea*)、簸箕柳(*S. suchowensis*)等之间的杂交无性系(见表 1),所有灌木型柳树于 2013 年春季从江苏省林业科学研究院柳树种质资源圃采穗,扦插于张家港市某电池厂旧址。

表 1 试验参试灌木型柳树

编号	系号	来源	编号	系号	来源
1	2358	二色柳×耳柳	13	2324	(簸箕柳×杞柳)×银柳
2	35-9	二色柳×杞柳	14	2812	(二色柳×银柳)×簸箕柳
3	P683	蒿柳	15	07-3	杞柳×(青刚柳×沙柳)
4	55-2	二色柳×毛枝柳	16	2820	(簸箕柳×蒿柳)×银柳
5	30-1	簸箕柳×(簸箕柳×(垂柳×棉花柳))	17	2187	白柳×白柳
6	2343	蒿柳×毛枝柳	18	2337	蒿柳×银芽柳
7	2413	黄花柳×簸箕柳	19	13-6	簸箕柳×银柳
8	2333	蒿柳×毛枝柳	20	2377	簸箕柳×蒿柳
9	58-2	(簸箕柳×杞柳)×银柳	21	1055	(吐兰柳×银柳)×(簸箕柳×银柳)
10	35-13	二色柳×杞柳	22	P646	杞柳
11	35-16	二色柳×杞柳	23	2818	(二色柳×杞柳)×银柳
12	2396	二色柳×欧洲红皮柳			

1.3 试验方法

试验采取随机机组设计,试验区总面积为 400 m²,3 个重复,每个小区面积为 115 m²。2013 年 3 月初扦插,床宽 2.5 m,扦插密度为 25 cm×50 cm,每个材料 5 m²。2014 年春季平茬收获中间 2 行,测量苗高、鲜质量,并统计存活率和萌枝数。取枝干鲜样 200 g,烘干称重,计算含水率,推算出干物质量。测得的数据利用 IBM SPSS Statistics 19.0 进行分析。

2 结果与分析

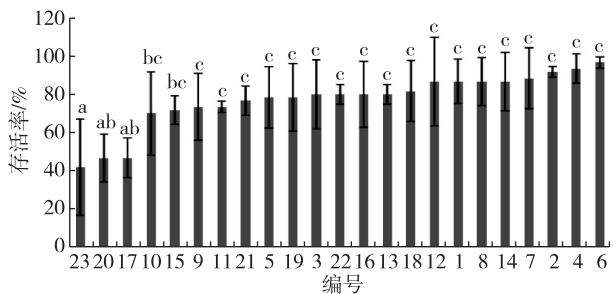
2.1 不同灌木柳树存活率差异

不同灌木柳在铅污染试验地的存活率见图 1。存活率在 42%~97%之间,平均值为 77%,其中最高的系号 2343 约为最低的系号 2818 的 2.3 倍。根据差异显著性检验,参试材料存活率差异达到极显著水平($P<0.01$)。

2.2 不同灌木柳树苗高差异

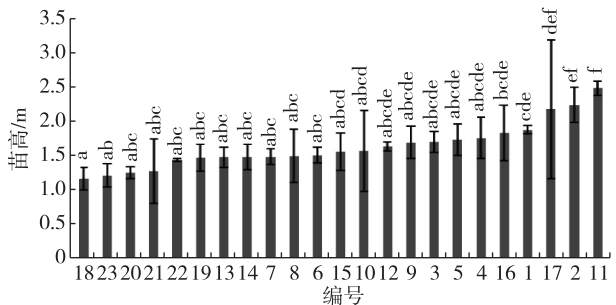
不同灌木柳在铅污染试验地的苗高见图 2。通过测定,23 个参试材料的苗高在 1.16~2.47 m 之间,平均值在 1.63 m,其中最高的系号 35-16 约为最低的系号 2337 的 2.1 倍。方差分析结果表明,各

参试材料株高差异达到极显著水平($P<0.01$)。



不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

图 1 不同灌木柳树存活率



不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

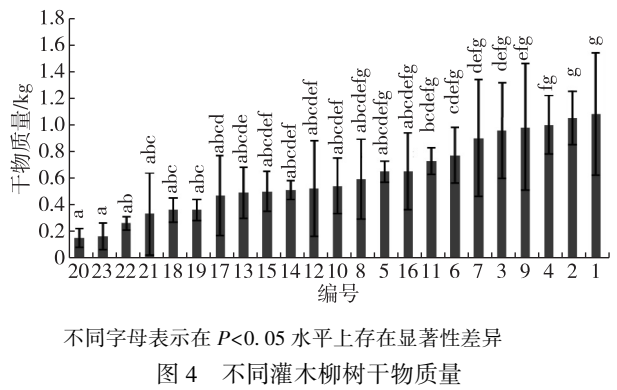
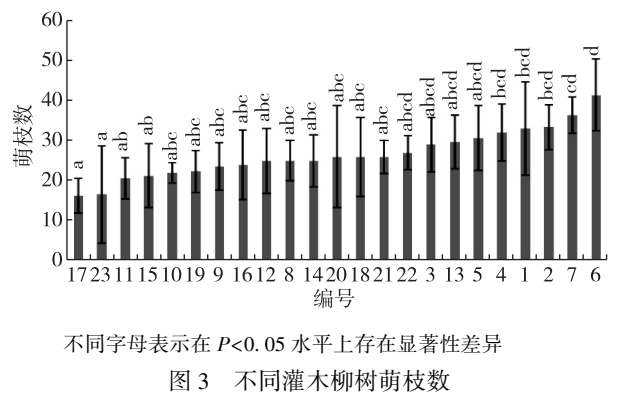
图 2 不同灌木柳树苗高

2.3 不同灌木柳树萌枝数差异

不同灌木柳在铅污染试验地的萌枝数见图 3。萌枝数(2 m²内)在 16~41 之间,平均值为 26.29,其中最高的系号 2343 约为最低的系号 2187 的 2.6 倍。根据差异显著性检验,各参试材料萌枝数差异达到显著水平($P<0.01$)。

2.4 不同灌木柳树干物质量差异

不同灌木柳在铅污染试验地的干物质量见图 4。干质量(2 m²内)在 0.15~1.08 kg 间,平均值为 0.61 kg,其中最高的系号 2358 约为最低的系号 2377 的 7.2 倍。经过显著性检验,各参试材料枝干干物质量差异达到极显著水平($P<0.01$)。



2.5 相关性分析

对于干物质量、苗高、存活率及萌枝数进行相关性分析结果显示(见表 2),干质量与存活率($r=0.595, P=0.003<0.01$)、株高($r=0.581, P<0.01$)及萌枝数($r=0.556, P<0.01$)呈极显著正相关;存活率与萌枝数呈极显著正相关($r=0.724, P<0.01$)。

2.6 主成分分析

为了对参试灌木型柳树在铅污染土地上的生长表现进行综合评价,将干物质量、苗高、存活率和

萌枝数 4 个因素进行主成分分析。根据提取的 2 个主成分进行综合模型分析,得到的主成分方程:主成分 1= $0.56\times$ 存活率 $+0.28\times$ 苗高 $+0.53\times$ 萌枝数 $+0.58\times$ 干物质量,主成分 2= $-0.30\times$ 存活率 $+0.80\times$ 苗高 $+0.43\times$ 萌枝数 $+0.29\times$ 干物质量,综合主成分= $0.66\times$ 主成分 1 $+0.34$ 主成分 2,即综合主成分= $0.27\times$ 存活率 $+0.46\times$ 苗高 $+0.20\times$ 萌枝数 $+0.48\times$ 干物质量,综合主成分排名见表 3。

表 2 各因素间相关性分析

因素		干物质量	苗高	存活率	萌枝数
干物质量	Pearson 相关性	1			
	显著性(双侧)				
苗高	Pearson 相关性	0.581 * *	1		
	显著性(双侧)	0.004			
存活率	Pearson 相关性	0.595 * *	0.109	1	
	显著性(双侧)	0.003	0.620		
萌枝数	Pearson 相关性	0.556 * *	-0.034	0.724 * *	1
	显著性(双侧)	0.006	0.876	0.000	

**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

表 3 灌木柳树综合主成分排名

排名	系号	综合主成分得分	排名	系号	综合主成分得分
1	2343	1.67	13	2337	-0.04
2	35-9	1.54	14	58-2	-0.06
3	55-2	1.39	15	35-16	-0.10
4	2358	1.16	16	P646	-0.12
5	2413	1.08	17	13-6	-0.30
6	P683	0.49	18	1055	-0.33
7	2333	0.47	19	07-3	-0.56
8	2396	0.47	20	35-13	-0.63
9	2812	0.42	21	2187	-2.03
10	30-1	0.22	22	2377	-2.22
11	2820	0.17	23	2818	-2.80
12	2324	0.12			

3 结论与讨论

灌木柳树可以通过收割地上部分来去除土壤重金属污染,在修复重金属污染土地上有好的利用价值,因此筛选出在铅污染土地生长表现优良的灌木型柳树在生产应用上具有重要的意义。据汪友良等的试验结果^[11],枝条是灌木柳树积累重金属的主要器官,在选育重金属高修复能力的品种时应以无性系的枝条铅含量和生物量高低为主要选择指标。

作者对参试材料也曾进行过铅含量测定,发现参试材料间铅含量的差异并不显著,这可能是因为污染的土壤铅浓度较低,选择压力较小。这与王小鸽等的研究报告相符^[12]。因此本试验主要以枝干的生长性状作为选择指标,通过大田试验,研究了

不同灌木柳树枝干在铅污染土地上的生长表现,初步筛选出杂交无性系 2343, 35-9, 55-2, 2358 和 2413 等为铅污染立地上生长表现较好的灌木柳。

比较生长表现较好的灌木柳,发现无性系 2358, 35-9 和 55-2 都是以二色柳为母本的杂交后代,这可能和它们的基因型有关,这也为下一步研究提供了很好的思路。

本试验是田间试验,其试验结果显示不同的灌木柳树在铅污染土地的生长表现存在显著差异,因此可以筛选出生长表现较优的灌木柳树。但是由于本试验地土壤铅含量较低,选择压力较小,因此筛选的灌木柳树不一定适合铅含量较高的土壤立地;且试验地单一,也没有成片造林,测试面积偏小,测得的数据与纯林可能有偏差。在后续的研究中,可以进行不同铅含量土壤立地条件下的灌木柳树铅富集能力的筛选,考虑不同植物品种或不同基因型之间以及种源之间的抗性差异,研究重金属对植物的毒害机理和耐性机理,建立柳树收割后的配套铅处理技术,形成以植物修复技术为主,以物理化学方法和农业工程为辅的铅污染土壤的综合治理体系。

参考文献:

- [1] 张 欣,范仲学,王丽香,等.济南城郊菜园土壤和蔬菜中重金属污染状况调查与评价[J].山东农业科学,2011(5):68-70.
- [2] 孙铁珩,周启星,李培军.污染生态学[M].北京:科学出版社,2001.
- [3] 国家环境保护局科技标准司.土壤环境质量标准:GB15616-1995[S].北京:中国标准出版社,1996.
- [4] Cui S, Zhang T, Zhao S, et al. Evaluation of three ornamental plants for phytoremediation of Pb-contaminated soil [J]. International Journal of Phytoremediation, 2013, 15(4): 299-306.
- [5] Kuzovkina Y A, Knee M, Quigley MF. Cadmium and copper uptake and translocation in five willow (*Salix* L.) species [J]. International Journal of Phytoremediation, 2004, 6(3): 269-287.
- [6] Rosselli W, Keller C, Boschi K. Phytoextraction capacity of trees growing on a metal contaminated soil [J]. Plant and soil, 2003, 256(2): 265-272.
- [7] Meers E, Vandecasteele B, Ruttens A, et al. Potential of five willow species (*Salix* spp.) for phytoextraction of heavy metals [J]. Environmental and Experimental Botany, 2007, 60(1): 57-68.
- [8] Landberg T, Greger M. Differences in uptake and tolerance to heavy metals in *Salix* from unpolluted and polluted areas [J]. Applied Geochemistry, 1996, 11(1): 175-180.
- [9] Zalesny Jr. R S, Bauer E O, Hall R B, et al. Clonal variation in survival and growth of hybrid poplar and willow in an in situ trial on soils heavily contaminated with petroleum hydrocarbons [J]. International Journal of Phytoremediation, 2005, 7(3): 177-197.
- [10] Kuzovkina Y A, Quigley M F. Willows beyond wetlands: Uses of *Salix* L. species for environmental projects [J]. Water, Air & Soil Pollution, 2005, 162(1): 183-204.
- [11] 汪有良,王宝松,施士争.灌木型柳树镉吸收积累性状的研究 [J].西北林学院学报,2011,26(2):105-110.
- [12] 王小鸽,张文辉,何景峰,等.3个瑞典能源柳无性系对铅污染耐受性研究[J].西北植物学报,2009(7):1400-1407.
- [12] Connell D P, Withum J A, Winter S E, et al. The steubenville comprehensive air monitoring program (SCAMP): Associations among fine particulate matter, co-pollutants, and meteorological conditions [J]. Journal of the Air & Water Management Association, 2005, 55(4): 481-496.
- [13] 李小龙,方宗义.2006年两次影响北京的沙尘天气对比分析 [J].气候与环境研究,2007,12(3):320-328.
- [14] 毛 睿,龚道溢,范一大.春季天气变率对华北沙尘暴频次的影响 [J].地理学,2005,60(1):12-20.
- [15] Farinha M M, Almeida S M, Freitas M C, et al. Influence of meteorological conditions on PM_{2.5} and PM_{2.5-10} elemental concentrations on Sado estuary area, Portugal [J]. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2009, 282(3): 815-819.
- [16] 刘 洁,张小玲,徐晓峰,等.北京地区 SO₂, NO_x, O₃ 和 PM_{2.5} 变化特征的城郊对比分析 [J]. 环境科学, 2008, 29(4): 1059-1065.
- [17] Lee S, Ho C H, Choi Y S. High-PM₁₀ concentration episodes in Seoul, Korea Background sources and related meteorological conditions [J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(39): 7240-7247.
- [18] 胡 敏,刘 尚,吴志军,等.北京夏季高温高湿和降水过程对大气颗粒物谱分布的影响 [J]. 环境科学, 2006, 27(11): 2293-2298.
- [19] 李金香,邱启鸿,辛连忠,等.北京秋冬季空气严重污染的特征及成因分析 [J]. 中国环境监测, 2007, 23(2): 89-93.
- [20] 孟燕军,王淑英,赵习方.北京地区大雾日大气污染状况及气象条件分析 [J]. 气象, 1998, 26(3): 40-43.
- [21] 徐怀刚,邓北胜,周小刚,等.雾对城市边界层和城市环境的影响 [J]. 应用气象学报, 2002, 13(特刊): 170-176.

(上接第4页)