

苏北六种木本植物抗旱性能研究

包亚英¹, 邓昊阳¹, 朱伟玲¹, 陈洁¹, 王伟亮¹, 琚淑明^{1,2}

(1. 徐州工程学院 环境工程学院, 江苏 徐州 221008; 2. 徐州市珍稀植物快速繁育工程技术研究中心, 江苏 徐州 221008)

摘 要:以毛白杨、旱柳、白花泡桐和水杉 4 种苏北地区乡土树种及落羽杉和北美红杉 2 种园林引进树种为试验材料, 研究了夏季干旱胁迫对植物叶片电容和相对含水量的影响。结果表明: 随着胁迫时间的延长, 叶片组织的电容值与含水量均逐渐降低, 且电容值与含水量间存在显著的相关关系。针叶树种比阔叶树种更能适应高温干旱环境, 耐旱性强。

关键词:木本植物; 抗旱性; 电容; 数学模型

中图分类号:S 687 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)16-0076-03

水资源短缺和干旱是一个长期存在的世界性难题, 中国华北、西北广大干旱、半干旱地区水资源严重匮乏, 其它地区也常出现周期性或难以预期的干旱^[1]。徐州地处江苏最西北, 紧邻山东与河南, 是南北暖寒气流交汇之地, 气候多变, 虽属暖温带湿润半湿润气候, 但通常每 2 年就会发生一次干旱, 严重影响植物的生长发育。

水分是植物生存和生长的必需因子之一, 干旱胁迫会对植物的生长造成不良影响, 史燕山等^[2]研究发现, 随着干旱胁迫程度的加强, 植物长势趋于下降, 新萌生枝叶数明显减少且生物量下降。通常植物能提高其抗旱性以应对水分胁迫的不良影响^[3]。黎燕琼等^[4]研究发现, 植物能通过叶片组织失水率、水分亏缺度、细胞膜透性的改变来提高其抗旱性。高海峰^[5]也发现, 怪柳能调节自身水势、相对含水量、持水力等一系列水分生理的变化以提高其抗干旱性。栾忠奇等^[6]研究发现, 干旱胁迫下植物叶片电容值与其相应含水量呈极显著正相关关系。

该课题组曾成功将落羽杉和北美红杉引种栽植于苏北广大地区, 为对其生长适应性进行跟踪性观测, 现对其盛夏酷暑环境下抗旱性进行监测, 并选取毛白杨、旱柳、白花泡桐和水杉 4 种乡土树种作为参照对比, 研究测定植物叶片电容值、组织含水量, 经数学模型建模分析, 以期研究苏北地区植物的抗旱性提供参考。

第一作者简介:包亚英(1991-), 女, 江苏常州人, 本科, 现主要从事园林植物生物技术研究工作。

责任作者:琚淑明(1974-), 女, 河北沧州人, 博士, 副教授, 现主要从事植物生理生化研究工作。E-mail: qushm@tom.com

基金项目:徐州市科技计划资助项目(X20052375); 江苏省教育厅科技推广计划资助项目(JH08-20)。

收稿日期:2013-04-08

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取苏北常见的乡土树种: 毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)、旱柳(*Salix matsudana*)、白花泡桐(*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl) 和水杉(*Metasequoia glyptostroboides*), 2 种园林新引进树种: 落羽杉(*Taxodium distichum*) 和北美红杉(*Sequoia sempervirens*) 为试验材料(采自徐州工程学院城南园校区和原来园校区)。

1.2 试验方法

采样时间为 2012 年 6 月 20 日中午 13:00~14:00。蒸馏水冲洗叶片 10~15 min, 滤纸擦干表面水分, 封装于洁净塑料袋中, 置于 4℃ 恒温冰箱中保存待用。

1.3 项目测定

1.3.1 植物叶片电容值的测定 试验参照宣奇丹等^[7]的方法, 频率设为 1 000 Hz。由于电容仪所配带夹具的夹力过大, 且加持面为锯齿形不能满足试验要求, 对其进行了适当改良, 采用自制的平行板电极。

1.3.2 植物叶片含水量的测定 蒸馏水冲洗待测叶片 2 次, 滤纸吸尽表面水分。电子天平称重(精度为 0.0001 g), 置于烘箱中, 32℃ 鼓风烘干, 期间每隔 30 min 取出叶片称重。叶片含水量(%) = (鲜重 - 失水后叶重) / 鲜重 × 100%。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 以及数学建模 Matlab 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对 6 种木本植物叶片电容值的影响

植物的电特性是植物组织所在空间的电磁场及电流分布的一些特性, 如阻抗特性、介质特性^[8]等, 对植物叶片电特性的测量可以实现快速无损检测, 反映植物的水分生理特性, 快速获取植物旱情信息^[9]。由图 1 可知,

随胁迫时间的延长,6种木本植物叶片电容值均呈逐渐下降趋势,落羽杉和北美红杉的变化值最小,其次为:水杉、旱柳、白花泡桐、毛白杨,所以可以判断落羽杉和北美红杉的受旱情况较弱。

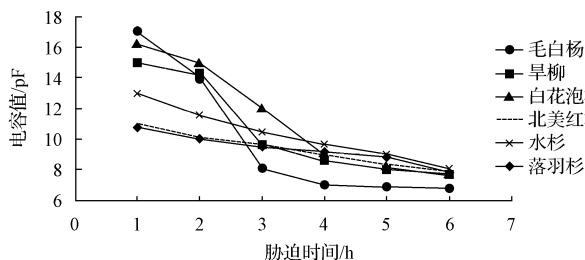


图1 干旱胁迫下6种木本植物叶片电容值变化

Fig. 1 Changes of the capacitance value of six woody plants under drought stress

2.2 干旱胁迫对6种木本植物叶片含水量的影响

持水力是表征植物耐旱性的一个重要指标,植物离体后迅速失水,在外界环境条件相同的情况下,一定时间内脱水越多,其保水能力越小,抗旱能力越差^[10]。由图2可知,随干旱胁迫的延长,6种植物叶片的含水量均下降。2.5 h后,毛白杨的失水量最大,其含水量由82.8%减少到41.8%;北美红杉的失水量最小,其含水量由92%减少到86.1%。失水量由小到大为北美红杉、落羽杉、水杉、白花泡桐、旱柳、毛白杨,所以北美红杉的持水力最强,落羽杉次之,毛白杨的持水力最弱。

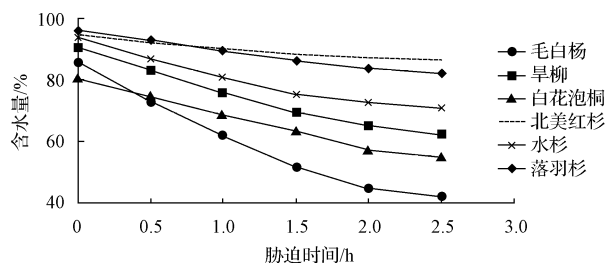


图2 干旱胁迫下6种木本植物叶片含水量变化

Fig. 2 Changes of water content in leaves of six woody plants under drought stress

2.3 电容值和含水量之间的关系

由表1、2可以看出,电容值和含水量之间具有密切的相关性,相关系数在0.8755~0.9777之间,均达到极显著水平。比较线性回归方程,曲线回归方程的拟合程度更好。

经分析,建立了6种常见园林植物的数学模型(图3~8)。同时,可以推断出木本植物叶片电容值与含水量间关系可以表达如下: $Y=aX^2-bX+c$ (其中Y表示叶片电容值,X表示叶片含水量,a为二次项系数,b为一次项系数,c为常数项)。

表1 6种木本植物的线性方程和拟合检验值 R^2

Table 1 Linear equation and fitting test value of six woody plants

树种	线性方程	R^2	r
白杨树	$Y = 0.2444X - 4.647$	0.9004	0.8755
旱柳	$Y = 0.2849X - 10.67$	0.9281	0.9101
白花泡桐	$Y = 0.3490X - 11.77$	0.9579	0.9474
北美红杉	$Y = 0.3479X - 21.81$	0.9761	0.9701
水杉	$Y = 0.2005X - 5.749$	0.9803	0.9754
落羽杉	$Y = 0.1816X - 6.676$	0.9359	0.9199

表2 6种木本植物的曲线方程和拟合检验值 R^2

Table 2 Curve equation and fitting test value of six woody plants

树种	曲线方程	R^2	r
白杨树	$Y = 0.004775X^2 - 0.3599X + 13.24$	0.9519	0.9198
旱柳	$Y = 0.003506X^2 - 0.2494X + 9.317$	0.9368	0.8947
白花泡桐	$Y = 0.003661X^2 - 0.1441X + 4.519$	0.9636	0.9393
北美红杉	$Y = -0.01562X^2 + 3.1680X - 148.9$	0.9866	0.9777
水杉	$Y = -0.001662X^2 + 0.4729X - 16.79$	0.9830	0.9716
落羽杉	$Y = -0.003559X^2 + 0.8142X - 34.7$	0.9416	0.9027

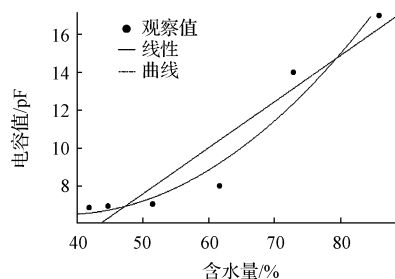


图3 白杨树叶片电容值与含水量关系

Fig. 3 Relationship between water content and capacitance value in the leaves of *Populus tomentosa* Carr.

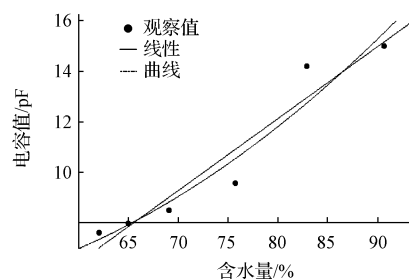


图4 旱柳叶片电容值与含水量关系

Fig. 4 Relationship between water content and capacitance value in the leaves of *Salix matsudana*

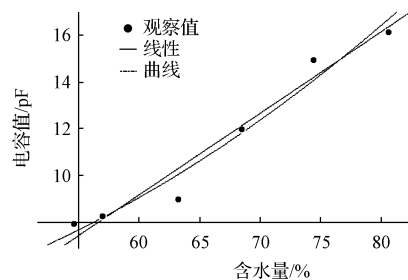


图5 白花泡桐叶片电容值与含水量关系

Fig. 5 Relationship between water content and capacitance value in the leaves of *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl

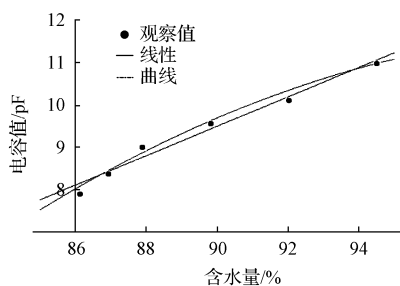


图6 北美红杉叶片电容值与含水量关系

Fig. 6 Relationship between water content and capacitance value in the leaves of *Sequoia sempervirens*

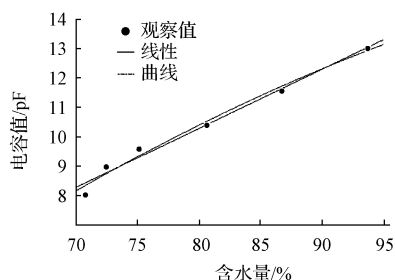


图7 水杉叶片电容值与含水量关系

Fig. 7 Relationship between water content and capacitance value in the leaves of *Metasequoia glyptostroboides*

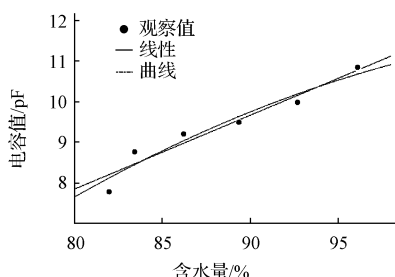


图8 落羽杉叶片电容值与含水量关系

Fig. 8 Relationship between water content and capacitance value in the leaves of *Taxodium distichum*

3 结论与讨论

该试验结果表明,叶片的电容值和含水量均随着干旱胁迫时间的延长而减少,电容值下降水平为:落羽杉<北美红杉<水杉<旱柳<白花泡桐<毛白杨,叶片失水量大小为:北美红杉<落羽杉<水杉<旱柳<白花泡桐<毛白杨。综上,可以看出针叶树种比阔叶树种更能适应高温干旱环境,耐旱性强,也为北美红杉和落羽杉成功引种苏北找到了试验支撑。

近年来,植物抗旱性的检测技术迅速发展,检测方法层出不穷,但寻找到一种快速无损检测技术始终是个未解难题。该试验采用电容法测定毛白杨、旱柳、白花泡桐、水杉、落羽杉以及北美红杉叶片的含水量和电容值,进行曲线特性建模,为抗旱性无损检测系统提供了有价值的理论依据和试验基础。所以在特定的检测条件下,用测定电容的方法检测植物的相对含水量,使用介电参数进行水分含量的无损检测是可行的。

参考文献

- [1] 李丽芳,罗晓芳,王华芳.植物抗旱基因工程研究进展[J].西北林学院学报,2004,19(3):53-57.
- [2] 史燕山,骆建霞,王煦,等.5种草本地被植物抗旱性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(5):130-134.
- [3] 蒋志荣,杨占彪,汪君,等.兰州九州台四种绿化树种抗旱性机理比较研究[J].中国沙漠,2006,26(7):553-554.
- [4] 黎燕琼,刘兴良,郑绍伟,等.岷江上游干旱河谷四种灌木的抗旱生理动态变化[J].生态学报,2007(3):60-68.
- [5] 高海峰.柽柳属植物水分状况的研究[J].植物生理学通讯,1988(2):20-24.
- [6] 栾忠奇,刘晓红,王国栋.水分胁迫下小麦叶片的电容与水分含量关系[J].西北植物报,2007,27(11):2323-2327.
- [7] 宣奇丹,冯晓旺,张文杰.植物叶片电容与含水量间关系研究[J].现代农业科技,2010(2):216-218.
- [8] 张俐,马小愚,雷得天,等.农业物料电特性研究进展[J].农业工程学报,2003,19(3):18-22.
- [9] 郭文川,伍凌,魏永胜.失水对植物生理特性和电特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(4):185-191.
- [10] 柳建国,何园球,陈长青,等.红壤旱地四种春夏作物水势比较研究[J].土壤通报,2007,38(5):863-866.

Study on Drought Resistant of Six Woody Plants in the Northern Area of Jiangsu

BAO Ya-ying¹, DENG Hao-yang¹, ZHU Wei-ling¹, CHEN Jie¹, WANG Wei-liang¹, JU Shu-ming^{1,2}

(1. Department of Environmental Engineering, Xuzhou Engineering College, Xuzhou, Jiangsu 221008; 2. Engineering Research Centre of the Plant for the Fast Propagation Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008)

Abstract: Taking *Populus tomentosa* Carr., *Salix matsudana*, *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl and *Metasequoia glyptostroboides* four common native trees in Northern area of Jiangsu and *Taxodium distichum* and *Sequoia sempervirens* two garden of introduced species in the northern part of Jiangsu as materials, the influence of drought stress on leaf capacitance value and water content were studied. The results showed that with the stress time extension, the leaf capacitance value and water content decreased gradually; capacitance value and water content had a significant relationship. Compared with hardwood species, conifer species were able to adapt to the high temperature and dry environment better and had a higher drought tolerance.

Key words: woody plants; drought resistance; capacitance; mathematical model