

北京市平原造林常见观叶树种抗寒性的比较

王岩¹, 王玉玲², 张金全², 李云¹, 李颖岳^{1,*}

¹北京林业大学生物科学与技术学院, 林木育种国家工程实验室, 北京100083; ²北京市延庆县园林绿化局, 北京102100

摘要: 以北京市平原造林常见的8种观叶树种为试验材料, 测定不同低温胁迫下叶片相对电导率及伤害率, 并通过Logistic方程估算出各树种叶片半致死温度, 据此对被测树种的抗寒性进行初步评价。结果表明: 不同树种叶片相对电导率及伤害率均随着处理温度的降低而升高, 且二者趋势一致; 通过不同树种抗寒性的聚类分析, 可将8个检测树种分为4类。综合测定结果显示, 各树种抗寒性顺序为: 栾树>元宝枫>金焰绣线菊>珍珠梅>黄栌>红宝石海棠>金叶榆>紫叶小檗。

关键词: 观叶树种; 抗寒性; 相对电导率; 平原造林

Comparison of Cold-Resistance among Common Foliage Trees in the Plain Afforestation in Beijing, China

WANG Yan¹, WANG Yu-Ling², ZHANG Jin-Quan², LI Yun¹, LI Ying-Yue^{1,*}

¹National Engineering Laboratory for Tree Breeding, College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; ²Yanqing Landscape Greening Bureau, Beijing 102100, China

Abstract: Leaves of 8 species of common foliage trees in the plain afforestation in Beijing were collected as test materials, and the trends of relative conductivity and leaf injury rate were determined at a series of low temperature. The semi-lethal temperature (LT_{50}) for the leaves of different tree species was determined through the Logistic equation constructed based on the relationship between relative conductivity and temperature. The cold-resistance was then evaluated preliminarily by LT_{50} . The results showed that the relative conductivity and the leaf injury rate of different tree species increased with the decrease in temperature, and the responses showed the same trend. Based on the results of cluster analysis, the 8 species of sampling trees are divided into 4 classes, and the order of cold-resistance of 8 species was determined as *Koelreuteria paniculata*>*Acer truncatum*>*Spiraea xbumalda*>*Sorbaria sorbifolia*>*Cotinus coggygria*>*Malus micromalus*>*Ulmus pumila*>*Berberis thunbergii* by comprehensive evaluation.

Key words: foliage trees; cold-resistance; relative conductivity; plain afforestation

为了加快北京平原地区森林生态建设并提升首都城市生态环境, 2012年北京市政府提出了实施平原地区百万亩造林工程方案。计划利用5年左右时间, 实现新增森林面积67 000 ha, 平原地区森林覆盖率达到25%以上, 净增10.32个百分点的建设目标(张雪辉2012)。在如此大规模的造林工程中, 造林树种的选择至关重要。在北京市平原造林工程中, 根据造林地的特点, 在考虑树种环境适应性、繁殖更新能力、绿化效果等问题的同时, 为了满足城乡居民休闲游憩需求、提高居民的生活质量, 还应尽量选择有利于改善城市生态景观效果的树种。本研究选择了栾树、元宝枫、金焰绣线菊、珍珠梅、黄栌、红宝石海棠、金叶榆、紫叶小檗8个树种。其中, 元宝枫、黄栌树姿优美, 叶形秀丽, 是北京秋季著名的赏叶树种(王兰珍等

1998; 王威等2008); 红宝石海棠是集叶、花、果、枝、树形同观共赏的彩化树种(刘晓芳等2007); 金叶榆、紫叶小檗、珍珠梅等也都是北京平原造林中较为常用的观叶树种。

北京地处华北平原, 气候属暖温带半湿润半干旱季风气候, 冬季寒冷、干燥。研究并筛选出抗寒能力强的观赏树种, 能够为北京市百万亩造林工程目标的实现提供基础保障。关于植物的抗寒性测试, 前人已做过大量的研究, 其中采用电导法配以Logistic方程估算出植物组织的低温半致死温度(LT_{50})是最常用的方法(朱根海等1986; Hao等

收稿 2014-06-03 修定 2014-07-18

资助 北京市科委项目“首都平原百万亩造林科技支撑工程”(Z121100008512002)。

* 通讯作者(E-mail: yingyueli@bjfu.edu.cn; Tel: 010-62336817)。

2012), 这一方法已经广泛应用于紫叶桃、广玉兰、绣线菊等植物的抗寒性测定(冯楠楠2008; 刘艳萍等2012; 王琪和于晓南2013)。本研究根据细胞原生质膜低温胁迫后渗透性变化的原理, 应用电导法测定了8个北京树种叶片的电导率、伤害率及其半致死温度, 初步判定各树种抗寒性并加以比较, 为北京百万亩平原造林工程中树种选择提供理论依据。

材料与方法

1 材料

8个树种——栾树(*Koelreuteria paniculata* Laxm.)、元宝枫(*Acer truncatum* Bunge)、金焰绣线菊(*Spiraea×bumalda* cv. 'Gold Flame')、珍珠梅[*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br]、黄栌(*Cotinus coggygria* Scop.)、红宝石海棠(*Malus micromalus* Makino cv. 'Ruby')、金叶榆(*Ulmus pumila* L. cv. 'Jinye')、紫叶小檗(*Berberis thunbergii* DC. var. *atropurpurea* Chenault)。材料采自北京延庆风沙源育苗中心。2013年9月中旬, 选取生长健康、无病虫害的三年生幼树枝条的中部叶片, 采摘后立即装入密封的自封袋, 放入冰盒中带回。分别用自来水、蒸馏水将其清洗干净, 于滤纸上吸干水分。用打孔器避开主脉打取圆片, 每树种随机选取7组圆片, 每组10片, 设置3次重复。

2 低温胁迫处理

将所有试验材料取出, 置于程序降温仪(Ice-Cube 14S; SY-LAB Corp., Austria)中进行人工模拟降温处理(事先调至5℃): 以室温(25℃)为对照, 处理温度分别为5、0、-5、-10、-15、-20℃, 以0.20℃·h⁻¹的速度降温至设定温度, 在每一设定温度下保持1 h后各树种取出1组, 放入4℃冰箱内放置12 h后进行相关指标的测定。

3 相对电导率的测定

采用电导仪法测定植物细胞质膜透性(张蜀秋2011)。将经低温处理后的叶圆片放入离心管中, 加入30 mL蒸馏水, 测量空白电导率 S_0 , 放在摇床上振摇24 h后取出, 用电导仪(Eutech CyberScan CON510)测定电导率 S_1 。测完后放入高压灭菌锅121.59 kPa、121℃下15 min, 彻底杀死植物组织。取出后静置, 待冷却至室温后摇匀, 用电导仪测定

电导率 S_2 。相对电导率 $= (S_1 - S_0) / (S_2 - S_0) \times 100\%$; 叶片伤害率 $= (L_t - L_{CK}) / (1 - L_{CK}) \times 100\%$, 其中, L_t 和 L_{CK} 分别为处理和对照的相对电导率。

4 数据处理与分析

利用Microsoft Office Excel 2007录入和整理数据并绘图, 使用DPS 7.05软件(唐启义和冯明光2007)进行数据统计分析, 多重比较均采用LSD法。

实验结果

1 低温胁迫处理对相对电导率与叶片伤害率的影响

从图1可以看出, 同一树种叶片经过不同的低温处理后, 随处理温度的降低, 相对电导率呈S型曲线逐渐升高, 即在低温处理初期(5℃)与对照(25℃)相比, 相对电导率上升缓慢, 随后在一定低温范围内(-5和-10℃)急剧增加, 再后上升趋于平缓。

不同树种叶片相对电导率随着处理温度的降低而升高, 表明叶片原生质膜透性逐渐增大, 叶片所受冻害持续加重。不同树种之间相对电导率存在一定差异, 表明不同树种之间的抗寒能力有所不同。在0~-10℃, 不同树种的抗寒性存在较大差异; 处理温度达到-20℃时, 部分树种相对电导率接近100%, 质膜被完全破坏(图1)。

不同树种低温胁迫下的叶片相对电导率与伤害率的差异性分析结果见表1, 在5%显著水平上, 紫叶小檗、红宝石海棠、金叶榆、黄栌的相对电导率差异不显著, 它们与元宝枫、栾树、珍珠梅、金焰绣线菊的差异显著; 叶片伤害率显著性水平差异结果与叶片相对电导率所得结果基本一

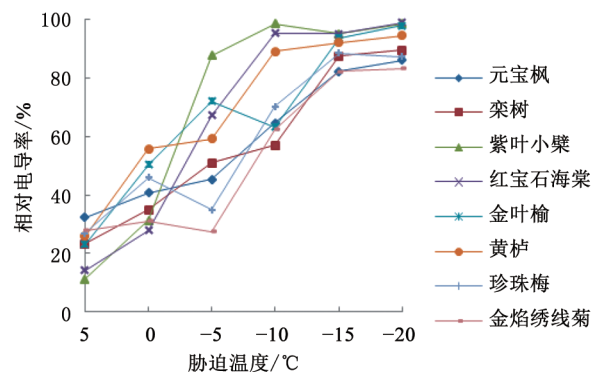


图1 低温胁迫下不同树种叶片相对电导率的变化
Fig.1 Changes in relative conductivity of different tree species under low temperature stress

致。可见,不同树种的抗寒性存在一定差异,而且相对电导率可以作为测定植物叶片抗寒性的指标。

2 不同树种半致死温度分析

根据叶片在不同低温处理下的相对电导率,求得Logistic方程、拟合方程相关系数及低温半致死温度(表2)。从Logistic方程拟合统计结果可以看出,相关系数 r 均在0.96以上,呈显著水平。说明在该试验中,所得方程拟合结果可靠,精确性较高。

在低温胁迫下,几个被测树种中,栾树叶片的半致死温度最低,达到 -10.67°C ;其次为元宝枫、金焰绣线菊、珍珠梅,分别是 -8.55 、 -7.41 、 -6.69°C ;紫叶小檗叶片半致死温度为 0.51°C ,在各被测树种中最高。可见,8个被测树种的抗寒性顺序为:栾树>元宝枫>金焰绣线菊>珍珠梅>黄栌>红宝石海棠>金叶榆>紫叶小檗。

根据不同树种的半致死温度,通过最短距离

表1 低温胁迫下不同树种相对电导率和叶片伤害率的差异显著性分析

Table 1 The significant difference analysis for relative conductivity and leaf injure rate of different tree species under low temperature stress

树种	相对电导率/%	叶片伤害率/%
元宝枫	59.71 ^{bc}	44.03 ^{cde}
栾树	58.76 ^{bc}	47.73 ^{bcd}
紫叶小檗	76.72 ^a	72.02 ^a
红宝石海棠	72.04 ^{ab}	64.24 ^{ab}
金叶榆	70.45 ^{ab}	61.07 ^{abc}
黄栌	72.59 ^{ab}	59.03 ^{abcd}
珍珠梅	60.58 ^{bc}	40.77 ^{de}
金焰绣线菊	53.13 ^c	36.79 ^e

表中均值数据经反正弦转换而得,小写字母表示0.05水平下差异显著。

表2 不同树种相对电导率Logistic方程和低温半致死温度

Table 2 Logistic model and semi-lethal low temperature of different tree species

树种	Logistic方程	r	半致死温度/ $^{\circ}\text{C}$	抗寒性顺序
元宝枫	$y=48.73/(1+0.195e^{0.19x})$	0.9728	-8.55	2
栾树	$y=143.21/(1+3.050e^{0.10x})$	0.9698	-10.67	1
紫叶小檗	$y=95.27/(1+0.795e^{0.45x})$	0.9736	0.51	8
红宝石海棠	$y=98.83/(1+1.672e^{0.25x})$	0.9786	-2.02	6
金叶榆	$y=97.35/(1+1.057e^{0.22x})$	0.9842	-0.25	7
黄栌	$y=117.23/(1+1.858e^{0.13x})$	0.9912	-4.82	5
珍珠梅	$y=94.73/(1+8.501e^{0.32x})$	0.9904	-6.69	4
金焰绣线菊	$y=88.90/(1+11.767e^{0.33x})$	0.9835	-7.41	3

法进行系统聚类分析,将被测树种抗寒性分为4类:栾树为一类,抗寒性最强;元宝枫、珍珠梅、金焰绣线菊和黄栌为一类,抗寒性较强;红宝石海棠为一类,抗寒性较弱;紫叶小檗和金叶榆为一类,抗寒性最弱(图2)。

讨 论

细胞原生质膜是植物细胞与外界环境进行物质交换的主要通道,研究质膜透性动态变化是了解植物抗寒机理及确定植物抗寒性的重要途径(沈漫等1997)。植物受到低温胁迫时,细胞原生质膜透性增大,离子外渗并最终导致细胞死亡,这种变化大多出现在形态变化之前(张露等2011)。通过电导法测定植物材料的电解质透出率,反映出细胞膜透性的变化规律,从而可以对不同植物的抗寒性进行比较(邓仁菊等2009)。

本文以北京市平原造林常见的8种观叶树种叶片为试验材料,测定不同低温胁迫下叶片相对电导率及伤害率,并通过Logistic方程估算出各树种叶片半致死温度,据此对被测树种叶片的抗寒性进行了初步评价。实验结果表明,不同树种叶片相对电导率及伤害率均随着处理温度的降低而升高,且二者趋势一致,这说明相对电导率是测定植物叶片抗寒性的重要指标。比较不同温度下各树种叶片相对电导率及伤害率的均值后发现,金焰绣线菊、珍珠梅、元宝枫、栾树的两个指标显著低于其他树种,说明它们的抗寒性较高,这与通过Logistic方程估算出的各树种半致死温度结果(表2)基本一致。然而,本试验估算出的各树种半致死温度普遍高于以往的研究(冯楠楠2008;冯献宾等2011;于柱英等2012),主要原因可能是使用的

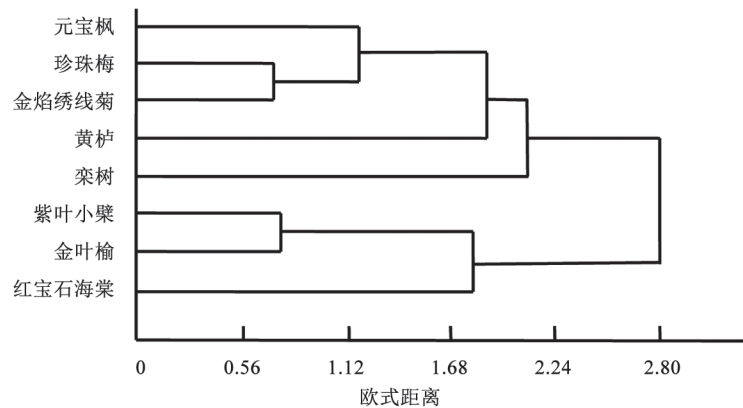


图2 不同树种抗寒性的聚类分析

Fig.2 The cluster analysis of cold-resistance of different tree species

实验材料不同。由于本研究目的是比较常见观叶树种的抗寒性以筛选出适合北京市平原造林的美化树种,故选用叶片作为材料更具实际价值,而其他研究大多以地区引种、防护林选择等为目的,所以多选用枝条作为实验材料。

通过不同树种抗寒性的聚类分析,可以根据不同需要将8个检测树种进行分类,为最终树种选择提供理论依据。如若分为4类,则栾树可为I类,抗寒性最强;金焰绣线菊、珍珠梅、元宝枫、黄栌抗寒性次之,为II类;红宝石海棠为III类,抗寒性较弱;紫叶小檗和金叶榆的抗寒性最弱,为IV类。因此,在造林方案实施过程中,建议优先考虑选择第I和II类抗寒性较强的树种,以利于适当延长造林树种的观赏期,增强造林地的景观美化作用。其中,栾树、元宝枫、黄栌属乔木,树姿优美;绣线菊、珍珠梅则为灌木类植株,均是秋季观叶、观花、观果的优良品种。在北京市平原造林,尤其是郊野公园等场所的树种配置中合理进行规划栽培种植,集观花、观彩色叶于一处,使城市具有自然景观艺术。

本研究采用电导法配以Logistic方程估算出植物叶片半致死温度,并对所测树种进行了抗寒性初步评价,得到8个树种叶片抗寒性顺序为:栾树>元宝枫>金焰绣线菊>珍珠梅>黄栌>红宝石海棠>金叶榆>紫叶小檗,这可以作为造林树种选择的依据之一。但由于植物体的抗寒机制错综复杂,要科学、准确地评价观叶树种抗寒性,在今后的研究中除考虑叶片伤害率、半致死温度等数值指标外,还需对更多的抗寒生理生化指标及自然低温

条件下各树种的表现等加以综合考虑。

参考文献

- 邓仁菊, 范建新, 王彬, 蔡永强(2009). 火龙果抗寒性检测初探. 植物生理学通讯, 45 (10): 1023~1026
- 冯楠楠(2008). 6种绣线菊(*Spiraea* Linn)抗寒能力的比较研究[硕士论文]. 哈尔滨: 东北农业大学
- 冯献宾, 董倩, 李旭新, 路丙社(2011). 黄连木和黄山栾树的抗寒性. 应用生态学报, 22 (5): 1141~1146
- 刘晓芳, 李萍, 帕提古丽·买买提吐尔逊, 刘红波(2007). 红宝石海棠生长适应性综合指标排序及其分析. 新疆农业科学, 44 (4): 481~486
- 刘艳萍, 朱延林, 康向阳, 晏增, 马永涛(2012). 电导法协同Logistic方程确定不同类型广玉兰的抗寒性. 中南林业科技大学学报, 32 (10): 69~71, 78
- 沈漫, 王明麻, 黄敏仁(1997). 植物抗寒机理研究进展. 植物学通报, 14 (2): 1~8
- 唐启义, 冯明光(2007). DPS数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京: 科学出版社
- 王兰珍, 马希汉, 王姝清(1998). 元宝枫研究进展. 西北林学院学报, 13 (1): 96~100
- 王琪, 于晓南(2013). 3种彩叶树对低温的生理响应及抗寒性评价. 北京林业大学学报, 35 (5): 104~109
- 王威, 郑小贤, 梁雨, 刘珊, 杨馥宁(2008). 北京八达岭林场黄栌风景林空间结构分析. 东北林业大学学报, 36 (2): 25~26, 39
- 于柱英, 冯祥元, 季立荣, 任学花, 张生伟(2012). 武威12个外来优良园林树种耐寒性测定. 林业科技, 37 (1): 6~8
- 张露, 张俊红, 温忠辉, 胡松竹, 陶丹, 张丽(2011). 引种桉树苗期的抗寒性分析. 江西农业大学学报, 33 (1): 47~51
- 张蜀秋(2011). 植物生理学实验技术教程. 北京: 科学出版社, 203~204
- 张雪辉(2012). 北京市百万亩造林工程发展战略研究[硕士论文]. 北京: 北京林业大学
- 朱根海, 刘祖祺, 朱培仁(1986). 应用Logistic方程确定植物组织低温半致死温度的研究. 南京农业大学学报, (3): 11~16
- Hao M-Z, Han M-H, Peng F-R, Liang Y-W (2012). Comparison of the cold-resistance capabilities of four *Ligustrum* cultivars. Med Plant, 3 (12): 111~115