

文章编号: 1000-5692(2006)03-0285-05

南京地区引种的 24 种常绿阔叶树种耐寒性比较

谢晓金¹, 郝日明²

(1. 南京信息工程大学 应用气象学系, 江苏 南京 210044; 2. 南京农业大学 园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 选取南京地区已引种成功的樟树 *Cinnamomum camphora*, 大叶冬青 *Ilex latifolia* 和细叶青冈 *Cyclobalanopsis gracilis* 等 24 种常绿阔叶树种, 以其枝条为测试材料, 运用电导法进行耐寒能力的测定。结果表明, 采用低温循环仪自动降温程序模拟冰冻处理来测试枝条的相对电导率, 计算得到的各树种半致死温度能定量地反映这些树种本身的耐寒能力高低, 并且与它们在南京地区越冬适应性观察结果基本相一致。图 1 表 2 参 18

关键词: 植物学; 常绿树种; 耐寒性; 电导法; 南京

中图分类号: Q948.112⁺2; S722.7 **文献标识码:** A

常绿阔叶树种是亚热带森林植被的主要组成树种^[1]。长江流域以北城市充分利用城市的多种小气候环境, 引种、驯化和应用通常分布于南方的常绿阔叶树种, 以改变北方冬季园林景观单一萧条的不足。但在较高纬度地区的城市园林中, 常绿阔叶树种的种类甚少, 而且新品种很难得到推广; 不少引种种类因不适应低温, 冬季常有冻害, 难以达到预期观赏效果, 甚至冻死, 造成经济损失。气温是限制常绿阔叶树种进一步向较高纬度地区引种栽培的一个重要的环境因子。南京地区位于长江下游南岸, 是常绿阔叶树种分布的北缘地带, 因此, 在南京地区进行常绿阔叶树种耐寒生理生化方面的研究十分必要。植物耐寒性鉴定方法很多, 其中电导法因为方法简单直观而广泛为国内外研究者所应用, 并获得了较为理想的结果^[2-4]。该研究通过电导法来评价处于亚热带北缘的南京地区已引种成功的 24 种常绿阔叶树种的耐寒能力, 以期常绿阔叶树种进一步向北引种栽培提供重要参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料是从南京中山植物园 100 多种已露地引种且正常越冬的常绿阔叶树种中选取的, 共 24 个树种(表 1)。从它们的自然地理分布的北界看, 可分别归入北亚热带分布种、中亚热带分布种和南亚热带分布种等 3 个类型, 各个树种引种年限为 10~40 a 不等。南京中山植物园地理位置为 32°02'N, 118°28'E, 年平均气温为 15.4 °C, 1 月和 7 月平均气温分别为 2.3 °C 和 27.7 °C, 1 月极端最低气温为 -14.0 °C, 7 月极端最高气温为 43.0 °C, 年平均降水量为 1 013 mm。

1.2 试验方法(电导法)

测试分 4 个步骤: ①试验于 2004 年 3~4 月进行, 此时低温对树种的伤害最为严重。选择东南方向生长健康的 1 年生枝条进行采样。参照朱根海等^[5]的方法, 取健康的 1 年生枝条, 先用自来水冲洗

收稿日期: 2005-09-02; 修回日期: 2005-11-28

作者简介: 谢晓金, 助教, 硕士, 从事常绿阔叶树种抗寒性等研究。E-mail: xxj_200210@sina.com

干净,再用去离子水漂洗3次,在滤纸上吸干。将枝条剪短(约3 cm长)分成5份,分别标上A1, A2, A3, A4, A5等,每份约3 g,然后用纱布包好置于试管中,置于Polyscience公司生产的9610型低温循环仪进行低温处理。设定的温度梯度分别为-11, -15, -19, -23和-27 °C。每2个温度间降温过程1 h,并在处理温度保持1 h。②将处理后的材料取出置于冰箱里(冰箱温度设置为3.6 °C)解冻24 h。每个温度设3个重复,每个重复约1 g左右,分别标记为A1-1, A1-2, A1-3等,依次类推,总共360份,在每个重复中加入20 mL去离子水,然后在室温下浸提12 h。③在上海雷磁仪器厂生产的DDS-307型电导仪上测定它们的电导率,然后置沸水浴中冷却20 min,测其煮沸电导率,计算其相对电导率。

$$\text{相对电导率}(\%) = (\text{冰冻电导率} / \text{煮沸电导率}) \times 100\%$$

表1 24种常绿阔叶树种名录

Table 1 Lists of 24 species of evergreen broad-leaved trees

分布北界	树 种
亚热带北部	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , 樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> , 浙江樟 <i>Cinnamomum chekiangense</i> , 细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i> , 石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> , 厚皮香 <i>Temstroemia gymnanthera</i> , 茶梅 <i>Camellia sasanqua</i> , 油茶 <i>Camellia oleifera</i> , 大叶冬青 <i>Ilex latifolia</i> , 铁冬青 <i>Ilex rotunda</i> , 球核荚蒾 <i>Viburnum rhytidophyllum</i> , 宁波木犀 <i>Osmanthus cooperi</i> , 飞蛾槭 <i>Acer oblongum</i>
亚热带中部	浙江楠 <i>Phoebe chekiangensis</i> , 灰毛含笑 <i>Michelia foveolata</i> var. <i>cinuscens</i> , 深山含笑 <i>Michelia maudiae</i> , 小叶蚊母树 <i>Distylium buxifolium</i> , 水丝梨 <i>Syopsis sinensis</i> , 亮叶蜡梅 <i>Chimonanthus nitens</i> , 杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i> , 罗浮槭 <i>Acer fabri</i>
亚热带南部	乐昌含笑 <i>Michelia chapensis</i> , 细柄阿丁枫 <i>Altingia gracilipes</i> , 乐东拟单性木兰 <i>Parakmeria lotungensis</i>

2 结果与分析

低温胁迫下细胞电解质渗透率与温度之间的关系呈S型曲线,与Logistic方程 $y = k / (1 + ae^{-bx})$ 具有较好的拟合度。计算该方程的二阶导数,并令它等于0,则可获得曲线的拐点, $x = \ln(1/a) / b$,即为半致死温度(lethal temperature 50, t_{50})。在此点,低温对电解质的递增效应最大。

根据莫惠栋^[6]的计算方法,求出Logistic方程的各参数(a , b 与 k)、半致死温度及拟合度,列于表2,其中以浙江樟的S型曲线为代表(图1)。

用电导法得出的24种树种的半致死温度结果显示(表2),半致死温度低于-20 °C的有8种,从低到高依次为铁冬青、大叶冬青、宁波木犀、细叶青冈、小叶蚊母树、青冈、石栎和水丝梨;半致死温度介于-10~-20 °C的有12种,从低到高依次为浙江樟、乐东拟单性木兰、深山含笑、浙江楠、细柄阿丁枫、亮叶蜡梅、厚皮香、油茶、茶梅、灰毛含笑、罗浮槭和樟树,而半致死温度在-5~-10 °C的只有4种,它们从低到高依次为杜英、飞蛾槭、乐昌含笑和球核荚蒾。半致死温度越低,树种的耐寒能力越强,南京地区引种成活的常绿阔叶树种耐低温能力差别较大,有一些种类具有较强的耐低温能力。

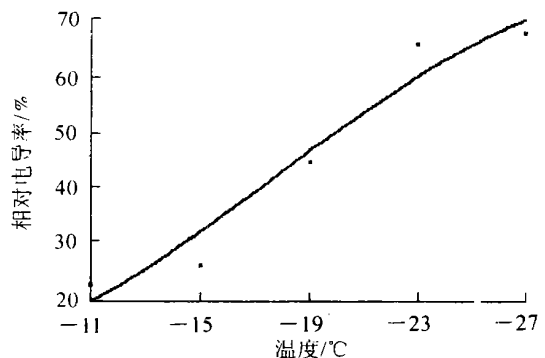


图1 浙江樟的相对电导率随温度变化的Logistic曲线
Figure 1 Logistic curve of relative electrolyte to temperature of *Cinnamomum chekiangense*

表 2 24 种常绿阔叶树种枝条电导率的 Logistic 方程参数及半致死温度

Table 2 The parameters of Logistic and t_{150} of 24 evergreen broad-leaved trees branches

树 种	$a_{(1)}$	$b_{(2)}$	$k_{(3)}$	半致死温度/ $^{\circ}\text{C}$	拟合度
樟树	6.005 2	0.171 6	68.225 7	-10.4	0.949 8**
浙江楠	18.818 9	0.166 0	80.168 6	-17.7	0.972 0**
浙江樟	12.730 5	0.132 2	86.986 4	-19.2	0.992 6**
细叶青冈	6.370 2	0.082 9	78.508 4	-22.3	0.920 0**
青冈	7.599 0	0.091 3	92.433 4	-22.2	0.991 8**
石栎	11.118 8	0.109 3	91.565 3	-22.0	0.987 1**
乐东拟单性木兰	8.416 6	0.114 0	87.170 0	-18.7	0.995 9**
灰毛含笑	5.787 3	0.137 9	69.857 9	-12.7	0.988 0**
深山含笑	8.960 7	0.122 5	84.934 8	-17.9	0.999 5**
乐昌含笑	4.375 1	0.176 9	65.935 1	-8.3	0.990 4**
小叶蚊母树	9.233 0	0.099 7	87.020 0	-22.3	0.998 8**
水丝梨	7.188 5	0.092 8	74.525 5	-21.2	0.995 0**
细柄阿丁枫	7.056 9	0.113 1	75.313 4	-17.3	0.999 6**
厚皮香	5.963 6	0.122 3	64.951 9	-14.6	0.963 2**
茶梅	13.396 1	0.197 3	62.383 7	-13.2	0.962 3**
油茶	4.243 2	0.100 4	73.552 9	-14.4	0.998 9**
飞蛾槭	2.412 7	0.103 2	72.236 2	-8.5	0.957 3**
罗浮槭	9.325 2	0.179 7	63.486 1	-12.4	0.989 2**
大叶冬青	9.858 7	0.098 8	80.701 4	-23.2	0.973 9**
铁冬青	14.891 6	0.106 0	102.899 3	-25.5	0.955 9**
杜英	6.005 2	0.171 6	68.225 7	-10.4	0.949 8**
亮叶蜡梅	18.818 9	0.166 0	80.168 6	-17.7	0.972 0**
球核荚蒾	12.730 5	0.132 2	86.986 4	-19.2	0.992 6**
宁波木犀	6.370 2	0.082 9	75.508 4	-22.3	0.920 0**

说明: (1) (2) (3) 分别表示曲线渐进度、曲线斜率和方程系数, **表示拟合度达到极显著水平。

3 结论与讨论

低温胁迫下的电导率变化测试方法均已有用作对植物耐寒能力的研究报道^[7,8]。运用枝条为试材得到 24 种常绿阔叶树种的半致死温度高低排序与作者以叶片为试材得到的排序基本一致^[9]。另外, 以 24 种常绿阔叶树种枝条的半致死温度高低排序与作者 2004—2005 年在引种地越冬适应性观察进行比较, 如以半致死温度高低为依据, 大叶冬青、宁波木犀与青冈等属于耐寒能力强的树种类型, 而参照它们在引种地的越冬适应性表现, 这些树种在冬季同样生长状态良好, 树体未受到任何冻害; 而杜英与飞蛾槭等树种计算得出的半致死温度高, 属于耐寒性弱的树种类型, 对应的是在 1 月 24 日观察时(在此前 3 d 气温猛然下降, 最低气温达到 -6°C 左右), 杜英叶片叶缘与叶尖受冻后出现大面积的褐斑, 飞蛾槭整个叶面出现大面积褐斑, 并且嫩芽也出现轻微冻害现象, 杜英与飞蛾槭的叶片已接近半致死状态, 但它们枝条未受到冻害; 有些树种也存在不一致的地方, 如球核荚蒾^[10]半致死温度数值高, 也应属于耐寒性弱的树种类型, 但以作者以及前人在南京地区越冬适应性观察来看^[11,12], 球核荚蒾^[10]一直生长良好, 营养组织未出现过冻害。

因此, 作者认为, 综合比较分析对预测植物的耐寒能力高低是非常重要的, 耐寒性试验如果只有一种测定指标, 会存在一定的局限性。因此在测试过程中, 我们应更多参考一些其他的耐寒性生理生态数据^[3-15], 使结果与推论更为准确。

引种后的半致死温度以及越冬适应性观察都能够较为客观地反映树种本身的耐寒能力, 其中半致死温度能定量反映树种耐寒能力的高低, 而引种地越冬适应性观察更为直观与准确。作者认为, 结合引种后的越冬适应性表现, 并且在测试过程中加入诸如樟树等明确知道耐低温范围的树种作为对照, 计算出半致死温度结果可作为园林上常绿阔叶树种能否向更高纬度引种应用的重要参考依据。

此外, 该研究所选取的 24 种常绿阔叶树种, 自然分布原生境各不相同, 其水热条件也各有差异, 但所选树种均为南京中山植物园引种成功, 该实验所得结果可以代表各树种耐寒的潜在能力, 作为能否继续向北引种推广的科学依据。

在园林绿化中, 树种的耐寒能力强弱是决定树种在较高纬度地区引种成活的一个关键因素。树种的耐寒能力受到树种的年龄、生理适应性、立地条件以及引种年限与天气异常状况(特别是春寒)等多种因素影响, 如作者在初春寒潮观察时发现, 24 种常绿阔叶树种叶片受冻程度相对冬季其他时期更为严重, 春寒降温幅度与持续时间对树种的耐寒性有直接的影响^[6]。

另外, 耐寒性与树种本身内在的遗传特性密不可分^[17], 试验中发现自然分布在亚热带北部的大叶冬青、青冈与细叶青冈等树种耐寒能力强, 而自然分布范围较南的杜英与罗浮槭等树种冬季叶片更易受到冻害。相同种类的不同种源, 其耐低温能力会有差别, 南京地区从湖南南部引种的红楠 *Machilus thunbergii* 个体受冻程度要比从宜兴引种的个体受冻程度严重的多。然而, 乐昌含笑、细柄阿丁枫与乐东拟单性木兰等耐寒性测试结果与在引种地的表现, 难以用诸如气候相似论、生境因子分析法和历史生态分析方法等现有理论加以合理解释^[18], 尽管这些树种自然分布区偏南, 但遗传进化上只有潜在的耐寒能力, 在南京地区露地生长表现出良好的耐低温能力。科学地进行树种耐寒性评价, 可以为合理配植提供科学依据。

参考文献:

- [1] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 823—836.
- [2] 宣继萍, 刘建秀. 坪用狗牙根 *Cynodon* spp. 优良品种(选系)的抗寒性初步鉴定[J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(2): 28—32.
- [3] TOMASZ A, ORVILLE M L. Seasonal changes in cold hardiness of *Rhododendron* L. catwbiense boursault, grown under continuous and periodic water stress [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1996, 121: 301—306.
- [4] 田如男, 薛建辉, 李晓储, 等. 深山含笑与乐昌含笑抗寒性测定[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(6): 55—57.
- [5] 朱根海, 朱培仁. 小麦抗寒性的季节变化及温度对脱锻炼的效应[J]. 南京农学院学报, 1984, 2(2): 9—16.
- [6] 莫惠栋. Logistic 方程及其应用[J]. 江苏农学院学报, 1983, 4(2): 53—57.
- [7] CARDONA C A, DUNCAN R R, LINDSTROM O. Low temperature tolerance assessment in paspalum [J]. *Crop Sci*, 1997, 37: 1 283—1 291.
- [8] 董丽, 黄亦工, 贾麦娥, 等. 北京园林主要常绿阔叶植和抗冻性及其测定方法[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(3): 70—73.
- [9] 谢晓金, 郝日明, 张纪林. 常绿阔叶树种耐低温能力研究与生态学评价[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2 671—2 677.
- [11] 贺善安, 孙醉君, 毕绘蟾. 常绿阔叶树种抗冻种质筛选[C] //南京中山植物园研究论文集编辑组. 南京中山植物园研究论文集. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985: 75—81.
- [12] 郝日明, 吴建忠, 王中磊, 等. 常绿阔叶植物在紫金山地区的引种及其适应性分析[C] //陈宜瑜. 生物多样性保护与区域可持续发展——第4届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 中国林业出版社, 2002: 118—125.
- [13] KATAKA K, SUMITOMO K, FUDANO T, *et al.* Changes in sugar content of *Phalaenopsis* leaves before floral transition [J]. *Sci Horti*, 2004, 102: 121—132.
- [14] JANOWAIK F, E, DORFFLING K. Chilling tolerance of maize seedlings in the field during cold periods in spring is related to chilling-induced increase in abscisic acid level [J]. *J Agron Crop Sci*, 2003, 189: 156—161.
- [15] 严寒静, 谈峰. 自然降温过程中梔子叶片膜保护系统的变化与低温半致死温度的关系[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 91—95.
- [16] 郝日明, 魏宏图. 紫金山森林植被性质与常绿落叶阔叶混交林重建可能性的探讨[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 108—115.
- [17] 程翔. 紫楠引种栽培初报[J]. 江苏林业科技, 1994(4): 17—19.
- [18] 王名金, 刘克辉, 伍寿彭. 树木引种驯化概论[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990: 48—59.

Analysis of the low temperature tolerance of introduced 24 evergreen broad-leaved tree species in Nanjing

XIE Xiao-jin¹, HAO Ri-ming²

(1. Department of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, Jiangsu, China; 2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China)

Abstract: Electric conductivities were used to measure the ability of 24 evergreen broad-leaved tree species to withstand the rigors of cold temperature. These plants such as *Cinnamomum camphora*, *Ilex latifolia* and *Cyclobalanopsis gracilis* that naturally distributed over the north limit of differently subtropical latitudes were introduced to the open in Nanjing. Electric conductivities of excised-branches under simulated freezing treatment were measured and lethal temperature 50 were calculated. The results could correctly indicate low temperature tolerance of these trees in quantitative determination, and be corresponding to observation of wintering in Nanjing. The results are conducive to predicting the low temperature tolerance of evergreen trees and the reasonable cultivation of them in landscape architecture of higher latitude regions. [Ch, 1 fig. 2 tab. 18 ref.]

Key words: botany; evergreen trees; low temperature tolerance; electric conductivity; Nanjing

《浙江林业现代化发展战略研究与规划》项目在京评审

《浙江林业现代化发展战略研究与规划》项目评审会于 2006 年 3 月 2 日在北京钓鱼台国宾馆隆重举行。浙江林学院院长张齐生院士应邀作为评审专家, 沈月琴教授和吴伟光副教授作为项目组成员出席了会议。

《浙江林业现代化发展战略研究与规划》属浙江省人民政府与中国林业科学研究院的重大合作项目, 经浙江省林科院、浙江林学院等多家单位的近 100 多位专家历时 2 年完成。项目由 5 个课题组成, 其中《浙江林业现代化的保障体系》课题由浙江林学院沈月琴教授主持。

由中国工程院、中国科学院、国务院研究室、国家发改委等部门和单位的专家和领导, 以及国际竹藤组织、中国林科院、浙江大学等科研院所(所)的 30 余位专家学者组成的评审委员会, 对该项目进行了评审。

评审委员会认为, 《浙江林业现代化发展战略研究与规划》是一项理论与实践相结合、宏观与微观相结合的多学科交叉, 涉及面广的系统性、综合性的研究项目。该项目取得的研究成果, 在理论和实践上有创新, 有发展, 在以省域为单元进行林业现代化发展总体规划方面为国内首创。评审委员会建议浙江省委省政府充分吸纳项目研究成果, 保障该项目的实施, 为全国林业现代化发展探索经验并做出示范。同时建议国家相关部门加强对浙江林业现代化建设工作的指导和支持。

(沈月琴)