

文章编号:1000-5641(2011)04-0045-08

浙江天童常绿木本植物的叶片 相对电导率及抗寒性

仲强¹, 康蒙¹, 郭明¹, 王希华^{1,2}, 王良衍³, 阎恩荣^{1,2}

(1. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062; 2. 浙江天童森林生态系统国家野外
科学观测研究站, 浙江 宁波 315114; 3. 浙江天童国家森林公园, 浙江 宁波 315114)

摘要: 以浙江天童常绿阔叶林 59 种常见木本植物为研究对象, 通过比较其叶片在低温胁迫下的相对电导率差异, 揭示该地区常绿阔叶林常见常绿植物的抗寒性, 旨在为营建具有较强抗雨雪冰冻灾害能力的人工林提供参考. 结果显示: (1) 各植物叶片对 0 ℃ 低温普遍具有较好的抗性, 未产生显著伤害; 在 -5 ℃ 低温处理下相对电导率显著增大, 均造成了不同程度的伤害; (2) 研究区域内樟科与壳斗科植物对 -5 ℃ 低温耐受性最好, 其次为山茶科植物; (3) 常绿阔叶树种抗寒性强于针叶树种. 建议在该地区营建抗雨雪冰冻人工林时, 应优先选择具有较强耐寒性的樟科与壳斗科植物.

关键词: 电导率; 抗寒性; 生活型; 常绿阔叶林

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-5641.2011.04.005

Leaf frost sensitivity and percentage of electrolyte leakage of the evergreen woody species in Tiantong region, Zhejiang Province

ZHONG Qiang¹, KANG Meng¹, GUO Ming¹, WANG Xi-hua^{1,2},
WANG Liang-yan³, YAN En-rong^{1,2}

(1. Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Tiantong National Station of Forest Ecosystem, Chinese National Ecosystem Observation and Research Network, Ningbo Zhejiang 315114, China; 3. Tiantong National Forest Park, Ningbo Zhejiang 315114, China)

Abstract: In this study, leaf percentage of electrolyte leakage was examined by using respectively 26 ℃, 0 ℃ and -5 ℃ temperate treatments, to reflect the leaf frost sensitivity for 59 evergreen woody plants in Tiantong region, Zhejiang province. The objective was to select frost-resistant woody plants for establishing frost-tolerant plantations. The results showed: (1) the most evergreen woody plants acclimatized themselves to 0 ℃, indicating few leaf damage; whereas, -5 ℃ treatment led to a significant increase of leaf percentage of electrolyte leakage

收稿日期: 2010-04

基金项目: 宁波市鄞州区农业与社会发展科技项目(2008C06); 国家自然科学基金(30770365)

第一作者: 仲强, 女, 硕士研究生. E-mail: zq_225@163.com.

通讯作者: 阎恩荣, 男, 副教授, 主要从事代谢生态学、植物与土壤营养生态学的研究与教学工作.

E-mail: eryan@des.ecnu.edu.cn.

for all plants, suggesting a heavy leaf damage; (2) among three dominant families of plants, the frost-resistance was higher in Lauraceae and Fagaceae than in Symplocaceae; and (3) evergreen broadleaf plants was more frost-resistant than conifer species. Therefore, the frost-resistant plants belonging to Lauraceae and Fagaceae families should be preference species in afforestation.

Key words: relative conductivity; cold resistance; life form; evergreen broad-leaved forests

0 引 言

2008 年初,中国南方大部分地区出现了新中国成立以来罕见的持续大范围低温雨雪和冰冻天气,造成大面积雨雪冰冻灾害,其范围之大、持续时间之长均为历史同期所罕见。据统计,浙江、湖南和广西等南方 19 个省市共有 17 429 万 hm^2 林木受损毁^[1]。由于长期以来缺乏对亚热带常绿阔叶植物抗寒性的研究,因此迫切需要对象常绿树种的抗雨雪冰冻灾害能力进行评估,筛选优良抗雨雪冰冻灾害树种,为营造健康和可持续的抗雨雪冰冻森林生态系统提供理论依据和技术支持^[2,3]。

以前的常绿阔叶树种抗寒性研究仅限于个别绿化树种^[4,5],而对天然林中常见植物抗寒性的研究比较缺乏。即使在绿化树种抗寒性研究中,研究方法也大多局限于灾后植物机械受损情况的鉴定,计算受损指数和划分抗寒级别^[6,7]。但是,这种方法存在一定的局限性。

利用低温处理下的叶片相对电导率来反映农作物或经济作物的抗寒性已有较长的研究历史,但是在自然森林研究中的应用比较缺乏。Lyons 在 20 世纪 70 年代提出^[8],当植物受到低温胁迫时,原生质膜透性会发生不同程度的增大,原生质液会有不同程度的外渗,以至于介质电导率会有不同程度的加大,电导率越大,表明受冻害愈严重。由于不同植物存在电解质丰度差异,初始电导率值往往掩盖电导率变化值,从而掩盖物种的受伤害程度^[9],因此常采用相对电导率(处理电导率/煮沸处理电导率)作为抗寒性指标。Cornelissen 等认为叶片相对电导率是衡量植物耐冻性能的重要生理指标^[10]。牛立新和孙秉钧等也认为该方法具有灵敏度高、操作方便等优点,适用于大量材料的快速鉴定^[11,12]。基于此,本研究通过模拟 2008 年年初低温对浙江天童地区常绿木本植物叶片相对电导率的影响差异,旨在了解该区域内常见植物的抗寒性,以及优势科植物和不同生活型植物抗寒性的差异,从而为该地区筛选优良抗雨雪冰冻灾害树种,以及营建高抗寒性的人工林生态系统提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

研究地点位于浙江宁波天童国家森林公园,地处北纬 $29^{\circ}48'$,东经 $121^{\circ}47'$,属亚热带季风气候区,年平均温度 16.2°C ,最热月(7 月)平均气温 28.1°C ,最冷月(1 月)平均气温 4.2°C ,全年无霜期 237.8 d, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $5\ 166.2^{\circ}\text{C}$,年平均降雨 $1\ 374.7\ \text{mm}$,主要土壤为山地黄红壤。研究区域的地带性植被为常绿阔叶林,在公园内部主要以木荷 + 栲树群丛(*Schimeto-Castanopsietum fargesii* Association)占优势^[13],在公园外围发育着处于不同演替阶段的灌草丛、灌丛、马尾松(*Pinus massoniana*)针叶林和马尾松—木荷(*Schima su-*

perba)针阔混交林类型^[14].

1.2 植物样本和叶片采集

2008年3月,在该地区冰冻雨雪灾后森林受损状况进行调查后,针对植物的不同受损程度,于当年7月选择了受损程度较轻的常绿阔叶林、受损情况较严重的马尾松林和一些人工林常见的木本植物作为研究对象,进行了植物叶片相对电导率的研究.本研究共选择木本植物59个种类.采样时,每个种类选取典型且健康的植株3~8株,每株从四面及顶端5个方向依次选取5枝生长旺盛的健康枝条,使用高枝剪将其剪下,在现场选择完好的叶片装入自封袋中,带回浙江天童森林生态系统国家野外站实验室测定叶片电导率.

1.3 叶片电导率测定

参照牛立新等的做法^[11],样品带回实验室后,在12 h内,将采集的叶片用去离子水冲洗干净,剪成大小相近的正方形;每份称取2 g,每份3个平行样,分别置于0℃和-5℃条件下进行冷胁迫处理(模拟2008年初当地的低温),以7月份室温作为正常条件对照(26℃),黑暗中恒温处理保持1 h后,加入20 mL去离子水,浸没材料,置摇床震荡2h,震荡频率为80 r/min;再用电导率仪测定电导率 R_1 ;另外,在恒温沸水浴中加热20 min,室温冷却,测定总电导率 R_2 .最后,采用公式 $(R_1 / R_2) \times 100$ 表示叶片的相对电导率(%).

1.4 数据处理

采用各物种的3~8个重复样的算术平均值表示其叶片相对电导率.统计分析时,首先检验统计变量是否满足正态分布和方差齐性,如满足则采用单因素方差分析(ANOVA)法,如不满足则采用非参数检验法,分别分析不同温度处理、不同植物生活型和不同优势科对植物叶片相对电导率的影响.三者中,分别将温度处理、生活型和优势科作为自变量,将对应的相对电导率作为因变量.方差分析结束后,利用多重比较LSD检验分析不同处理下的显著性差异.另外,本文从以上59个树种中选择了常绿阔叶林的8个主要优势种,以及人工林的8个针叶树种,比较了本地区针叶和阔叶植物抗寒性差异.上述分析通过PASW Statistics 18完成.

2 结 果

2.1 不同温度处理下植物叶片的相对电导率

在调查的59个植物中,平均相对电导率随温度降低呈现增长的趋势.常温处理条件下,栀子的相对电导率最低,山矾的最高;0℃处理条件下,栀子的相对电导率亦最低,最高的为光叶山矾;-5℃处理条件下,最低的为野鸭椿,最高的为老鼠矢(见表1).3个温度处理下的相对电导率两两比较显示:常温与0℃的相对电导率差异不显著($P > 0.05, n = 59$);常温与-5℃具有显著差异($P < 0.05, n = 59$);0℃与-5℃亦有显著差异($P < 0.05, n = 59$).方差分析显示:在同一温度处理下,大乔木、小乔木和灌木3种生活型的相对电导率之间并没有出现显著性差异($P > 0.05$).

2.2 优势科中植物叶片相对电导率的差异

在天童地区常绿木本植物物种数最多的4个科中,叶片在不同低温处理下,相对电导率随处理温度的下降而上升,且不同科之间上升幅度有所差异(见图1).在3个温度条件下,相对电导率最高为山矾科植物,最低为樟科植物.

表 1 浙江天童 59 种常绿木本植物在 3 种温度处理下叶片的相对电导率

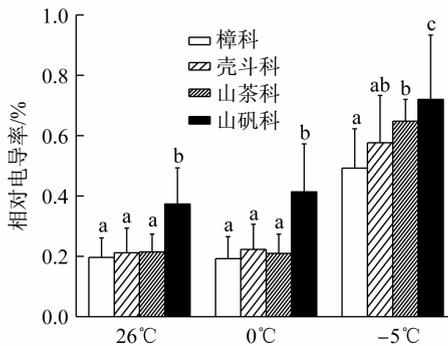
Tab. 1 Leaf percentage of electrolyte leakage under three temperature treatments for 59 evergreen woody plants in the Tiantong area, Zhejiang Province

物种	相对电导率 ± 标准差		
	26 °C	0 °C	- 5 °C
常绿阔叶植物			
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	0.30 ± 0.127	0.29 ± 0.107	0.54 ± 0.106
华东楠 <i>MaChilus leptophylla</i>	0.07 ± 0.003	0.08 ± 0.007	0.50 ± 0.025
浙江楠 <i>Phoebe chekiangensis</i>	0.26 ± 0.012	0.32 ± 0.009	0.67 ± 0.023
赤皮栲 <i>Cyclobalanopsis gilva</i>	0.22 ± 0.052	0.21 ± 0.031	0.56 ± 0.095
褐叶青冈 <i>Cyclobalanopsis stewardiana</i>	0.21 ± 0.031	0.14 ± 0.005	0.49 ± 0.067
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	0.14 ± 0.042	0.14 ± 0.062	0.48 ± 0.047
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	0.24 ± 0.069	0.31 ± 0.209	0.55 ± 0.064
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	0.19 ± 0.121	0.19 ± 0.116	0.56 ± 0.085
木荷 <i>Schima superba</i>	0.28 ± 0.091	0.29 ± 0.066	0.64 ± 0.105
普陀樟 <i>Cinnamomum japonicum</i> var. <i>chenii</i>	0.19 ± 0.009	0.17 ± 0.005	0.36 ± 0.016
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	0.16 ± 0.040	0.17 ± 0.060	0.60 ± 0.047
青栲 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	0.12 ± 0.059	0.14 ± 0.053	0.60 ± 0.056
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	0.21 ± 0.094	0.21 ± 0.061	0.62 ± 0.021
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	0.23 ± 0.084	0.22 ± 0.048	0.64 ± 0.038
小叶青冈 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i>	0.18 ± 0.088	0.22 ± 0.122	0.49 ± 0.156
杨桐 <i>Cleyera japonica</i>	0.25 ± 0.111	0.27 ± 0.096	0.72 ± 0.078
云山栲 <i>Cyclobalanopsis nubium</i>	0.14 ± 0.094	0.18 ± 0.154	0.53 ± 0.069
长叶石栎 <i>Lithocarpus harlandii</i>	0.19 ± 0.149	0.22 ± 0.171	0.62 ± 0.142
杜英 <i>Elaeocarpus dicipiens</i>	0.20 ± 0.003	0.19 ± 0.020	0.66 ± 0.028
杨梅叶蚊母树 <i>Distylium myricoides</i>	0.36 ± 0.130	0.33 ± 0.115	0.50 ± 0.099
薯豆 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	0.16 ± 0.004	0.16 ± 0.008	0.71 ± 0.008
天竺桂 <i>Cinnamomum japonicum</i>	0.25 ± 0.021	0.24 ± 0.005	0.48 ± 0.036
浙江新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	0.16 ± 0.057	0.14 ± 0.05	0.30 ± 0.132
紫楠 <i>Phoebe sheareri</i>	0.19 ± 0.056	0.18 ± 0.067	0.62 ± 0.029
红叶树 <i>Helicia cochinchinensis</i>	0.26 ± 0.016	0.25 ± 0.015	0.66 ± 0.031
黄丹木姜子 <i>Litsea elongata</i>	0.16 ± 0.039	0.14 ± 0.026	0.47 ± 0.119
黄牛奶树 <i>Symplocos laurina</i>	0.28 ± 0.006	0.26 ± 0.007	0.66 ± 0.031
交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	0.30 ± 0.007	0.40 ± 0.021	0.72 ± 0.100
老鼠矢 <i>Symplocos stettaris</i>	0.26 ± 0.044	0.27 ± 0.026	0.94 ± 0.101
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	0.32 ± 0.269	0.31 ± 0.218	0.65 ± 0.121
披针叶茴香 <i>Illicium lanceolatum</i>	0.47 ± 0.057	0.49 ± 0.064	0.76 ± 0.072
冬青 <i>Ilex purpurea</i>	0.25 ± 0.040	0.33 ± 0.198	0.61 ± 0.184
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	0.21 ± 0.005	0.22 ± 0.007	0.60 ± 0.008
光叶山矾 <i>Symplocos lanciifolia</i>	0.38 ± 0.038	0.57 ± 0.251	0.46 ± 0.081
光叶石楠 <i>Photinia glabra</i>	0.12 ± 0.007	0.34 ± 0.034	0.54 ± 0.056
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	0.52 ± 0.117	0.51 ± 0.106	0.85 ± 0.210
四川山矾 <i>Symplocos setchuensis</i>	0.43 ± 0.075	0.46 ± 0.169	0.70 ± 0.063
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	0.09 ± 0.012	0.09 ± 0.009	0.67 ± 0.075

续表

物种	相对电导率 ± 标准差		
	26 °C	0 °C	-5 °C
赤楠 <i>Syzygium buxi folium</i>	0.18 ± 0.030	0.23 ± 0.054	0.75 ± 0.051
刺毛越橘 <i>Vaccinium trichocladum</i>	0.07 ± 0.006	0.09 ± 0.009	0.72 ± 0.043
隔药柃 <i>Eurya muricata</i>	0.22 ± 0.097	0.25 ± 0.135	0.75 ± 0.063
檫木 <i>Loropetalum chinensis</i>	0.31 ± 0.054	0.39 ± 0.045	0.69 ± 0.050
连蕊茶 <i>Camellia fraterna</i>	0.20 ± 0.040	0.20 ± 0.043	0.67 ± 0.058
柃木 <i>Eurya japonica</i>	0.23 ± 0.029	0.15 ± 0.009	0.51 ± 0.030
细齿柃 <i>Eurya nitida</i>	0.28 ± 0.015	0.26 ± 0.008	0.61 ± 0.039
乌饭树 <i>Vaccinium Sbracteatum</i>	0.43 ± 0.008	0.51 ± 0.023	0.71 ± 0.041
细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	0.19 ± 0.003	0.17 ± 0.024	0.68 ± 0.006
映山红 <i>Rhododendron var. attenu</i>	0.23 ± 0.029	0.30 ± 0.035	0.86 ± 0.007
窄基红褐柃 <i>Eurya rubiginosa</i>	0.19 ± 0.070	0.20 ± 0.057	0.58 ± 0.180
栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	0.07 ± 0.008	0.06 ± 0.015	0.88 ± 0.150
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	0.19 ± 0.068	0.21 ± 0.072	0.72 ± 0.026
针叶植物			
花柏 <i>Chamaecypari pisisera</i>	0.23 ± 0.007	0.28 ± 0.019	0.82 ± 0.028
金钱松 <i>Pseudolarix kaempferi</i>	0.37 ± 0.023	0.33 ± 0.021	0.77 ± 0.021
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	0.18 ± 0.007	0.23 ± 0.014	0.67 ± 0.048
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.18 ± 0.064	0.20 ± 0.060	0.51 ± 0.095
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.09 ± 0.005	0.39 ± 0.003	0.74 ± 0.012
湿地松 <i>Pinus elliottii</i>	0.33 ± 0.010	0.29 ± 0.011	0.60 ± 0.020
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	0.12 ± 0.010	0.14 ± 0.005	0.44 ± 0.019
南方红豆杉 <i>Taxus chinensis var. mairei</i>	0.19 ± 0.016	0.24 ± 0.024	0.54 ± 0.039
平均 Average(all species)	0.23 ± 0.050	0.25 ± 0.060	0.64 ± 0.070

统计分析显示,在常温条件下,属于山矾科的植物与其他 3 科植物之间的相对电导率差异显著($P < 0.05$),但其他 3 个科内植物的相对电导率值之间并无显著性差异($P > 0.05$).在 0 °C 处理条件下,不同优势科内植物叶片相对电导率的分布格局与常温时相同.在 -5 °C,各科的叶片相对电导率大小顺序为山矾科 > 山茶科 > 壳斗科 > 樟科(见图 1).其中,壳斗科植物与山矾科植物的相对电导率之间差异性显著,山茶科植物与樟科植物差异性显著,樟科植物与山矾科植物差异性显著.总体来看,在天童地区常绿木本植物的优势科中,樟科与壳斗科植物在 -5 °C 条件下抵抗力最强,山矾科植物最弱;樟科植物与壳斗科的几种植物的抗性并没有显著性差异;山茶科植物则介于它们之间.



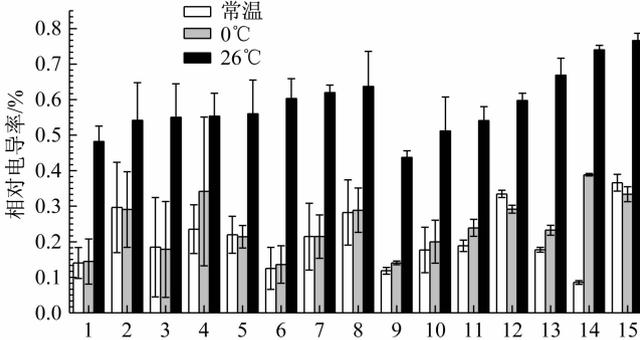
注:数据为平均值 ± 标准差

图 1 浙江天童地区常绿木本植物 4 个优势科植物叶片相对电导率的差异

Fig. 1 Differences of leaf percentage of electrolyte leakage for common plants in each of 4 dominant families of evergreen woody plants in Tiantong area, Zhejiang Province

2.3 针叶树种与阔叶树种相对电导率的比较

与常温和 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的处理相比较, 8 个针叶树种(水杉、马尾松、湿地松、柳杉、杉木、金钱松、花柏和南方红豆杉)与 8 个阔叶优势树种(栲树、红楠、木荷、米楮、苦楮、赤皮桐、青栲、石栎和木荷)的叶片在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温处理下的相对电导率均显著增大($P < 0.01$), 表明 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温对各针叶植物叶片具有非常显著的伤害(见图 2). 从不同叶片类型之间的非参数检验结果来看, 8 个针叶树种的相对电导率显著大于($P < 0.01$) 8 个常绿阔叶林代表树种, 表明本地区的典型阔叶树种较针叶树种稍耐严寒胁迫.



注: 1. 栲树 2. 红楠 3. 米楮 4. 苦楮 5. 赤皮桐油 6. 青栲 7. 石栎 8. 木荷 9. 水杉 10. 马尾松花江 11. 湿地松 12. 柳杉 13. 杉木 14. 金钱松 15. 花柏油 (数据为平均值 \pm 标准差)

图 2 针阔叶树种叶片相对电导率的比较

Fig. 2 Comparison of leaf percentage electrolyte leakage between conifer and evergreen broad-leaved species

3 讨 论

3.1 植物叶片相对电导率对抗寒性的指示作用

本研究中, 在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的轻度低温胁迫下, 常绿植物叶片的相对电导率与常温时比较没有出现显著性差异, 这表明短期 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温条件并不会对它们造成显著伤害. 在低温胁迫未对各科植物造成显著伤害之前, 各物种抗寒能力之间的差异并未表现出来. 而在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的相对电导率与前两个梯度之间均出现了显著增大, 表明在该温度胁迫下, 本地区的常绿木本植物叶片细胞膜系统受到了显著的冻害. 可见, 2008 年的低温冻害 ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 对本地区常绿木本植物叶片会造成一定的冻害. 另外, 本研究表明叶片相对电导率随温度的降低不断增大, 这与 Lyons 的早期研究结果相吻合, 即随着温度下降, 叶片的相对电导率逐渐提高^[8]. 由此可见叶片的相对电导率可较好地反映研究区域内木本植物的抗寒能力.

3.2 天童地区木本植物的抗寒性

同科树种对抗寒性的适应有某种程度上的一致性, 可能与其起源和演化有一定联系^[16]. 我国的樟科植物大部分分布在长江以南地区, 长江以北地区仅有少数分布, 文献记载最北分布达北纬 41° ^[15]. 壳斗科植物在地理上分布除新疆有引种外, 自然分布于南北各省区, 主要产于西南及南部. 自沿海丘陵至海拔约 $3\ 800\text{ m}$ 高山均有生长, 常为山地常绿阔叶或针叶阔叶混交林的主要建群树种. 这两科植物的地理分布从一定程度上说明其对温度因子有着较宽的生态幅, 因此上述两科便表现出较强的抗寒性. 山矾科分布于我国西南、华南

和东南,其中以西南的种类较多,东北仅有白檀1种,多生长在海拔400~2600m的常绿雨林地带。无论是温度因子还是湿度因子,它的生态幅明显窄于樟科与壳斗科,是一种典型的亚热带植物科。因此其抗寒性显著弱于樟科与壳斗科植物。

从针叶树与阔叶树的比较来看,本地区的阔叶树种比针叶树种具有更强的抗寒性,导致这种现象的原因可能有以下两方面。首先,本地区针叶林一般均为人工林,为单优群落结构,垂直结构单一,在雨雪冰冻灾害发生时,尤其是在树冠积雪压力下,其抗机械压力能力较差,因而容易发生机械受损。与之相比,阔叶树种多生长于天然林中,具有完整的乔木层、乔木亚层和灌木层,垂直分层明显,结构完善,各层次间具有协同保护作用,在雨雪冰冻灾害时,不同层次可以有效分散和缓解树冠积雪的压力胁迫,因此,机械受损程度也相对较小^[16]。其次,两者间的差异可能也与常绿阔叶植物和针叶植物所固有的抗寒生理机制有关^[17,18]。虽然研究表明针叶植物相对常绿植物更耐严寒胁迫,但是本研究结果却与此相反,这可能与本研究中所选择的针叶树种特性有关。一般而言,针叶植物抗寒性较高,主要是针对寒带地区的针叶植物而言,本研究中的针叶植物均为暖性针叶树种,基本分布在温带亚热带地区,可能在长期的进化过程中,针叶植物在选择上保留了有利于耐热的性状,而耐寒的性状逐渐发生了衰退。到底是否具有这样的进化机制,有待后续的研究验证。

3.3 基于植物抗寒性的亚热带人工林建设

在亚热带北部,冬季往往会受到来自北方的寒潮甚至冰雪袭击,因此在这些地区营建人工林,以及进行城市绿化时需要充分考虑树种的抗寒性。宁波地处中亚热带地区,气候温和湿润,但由于所处纬度常受冷暖气团交汇影响,加之倚山靠海,特定的地理位置和自然环境使各地天气多变,差异明显,冬季低温、阴雨、霜冻和寒潮等灾害性天气相对频繁,这就要求在营建人工林时,必须考虑植物的抗低温胁迫适应性。从本研究结果看,壳斗科和樟科植物相对其他常绿植物具有较高的抗寒能力,因此建议本地区在营建人工林与进行城市绿化时,根据当地的气候特点选择壳斗科、樟科或者其他具有一定抗寒能力的树种,这样在遇到冰冻灾害时就能够有效减少林业资源损失。

最后,在本地区营造人工林的实践中,我们建议避免建设单优树种组成的人工林,尽量多采用抗寒性较高的常绿阔叶树种,营建具有复合群落结构的人工林,从而增强群落的稳定性和抗干扰能力。这不仅对于抵抗低温冰冻灾害,也对于抵御其他自然灾害具有积极意义。

致谢 感谢周武在野外采样和室内实验中的帮助。

[参 考 文 献]

- [1] 董峻. 近2.79亿亩森林因冰冻雨雪天气受损毁[EB/OL]. (2008-02-13) [2010-03-01] http://news.xinhuanet.com/newscenter/2008-02/13/content_7597384.htm.
DONG J. The forest damaged by the snow and ice chaos in China is up to about 279 milliohms [EB/OL]. (2008-02-13) [2010-03-01] http://news.xinhuanet.com/newscenter/2008-02/13/content_7597384.htm.
- [2] 国家林业局. 南方雨雪冰冻灾害地区林业科技救灾减灾技术要点[J]. 湖南林业, 2008(3): 16-19; 22-24.
State Forestry Administration, China. Disaster reduction techniques of forestry science and technology for the freezing catastrophe in Southern China [J]. Hu Nan Lin Ye, 2008(3): 16-19; 22-24.
- [3] 浙江省林业厅. 浙江省雨雪冰冻灾害森林资源损失调查评估实施细则[R]. 杭州: 浙江省林业厅, 2008.
Forestry Administration of Zhejiang Province. Practice details for forest resource decrease and research caused by freezing catastrophe in Zhejiang Province [R]. Hangzhou: Forestry Administration of Zhejiang Province, 2008.

- [4] 张庆费,吴海萍,许东新. 上海引种的7种棕榈科植物冻害状况分析[J]. 浙江林学院学报,2007,24(1):110-114.
ZHANG Q F, WU H P, XU D X. Investigation of freezing injury on seven introduced palm species in Shanghai [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2007, 24(1):110-114.
- [5] 谢晓金,郝日明. 南京地区12种常绿阔叶树种冬季抗寒性动态变化[J]. 生态学报,2009,29(4):2149-2154.
XIE X J, HAO R M. Dynamic changes of cold hardiness in winter in twelve evergreen broad-leaved species from Nanjing [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4):2149-2154.
- [6] 马娟,王飞,梁宗锁. 八种常绿阔叶树的抗寒性研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(5):26-29.
MA J, WANG F, LIANG Z S. Cold resistance of eight evergreen broadleaved tree species [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(5):26-29.
- [7] 张文娟,姚云峰,李钢铁,等. 五种植物抗寒性的比较研究[J]. 广西植物,2009,29(2):269-271.
ZHANG W J, YAO Y F, LI G T, et al. Comparative experimental studies for cold resistance of five plant species [J]. Guihaia, 2009, 29(2):269-271.
- [8] LYONS J M. Chilling Injury in Plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1973, 24:445-446.
- [9] 陈建白. 电导法在植物抗寒研究中的应用[J]. 云南热作科技, 1999, 22(7):26-28.
CHEN J B. The application of electrical conductivity method in evaluating the chilling resistance in the plants [J]. Journal of Yunnan Tropical Crops Science & Technology, 1999, 22(7):26-28.
- [10] CORNELISSEN J H C, LAVOREL S, GARNIER E, et al. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide[J]. Australian Journal of Botany, 2003, 51(4):335-380.
- [11] 牛立新,贺普超. 电导法不同计量单位鉴定葡萄抗寒性研究[J]. 果树科学, 1989, 6(3):159-164.
NIU L X, HE P C. The effect of different calculating units in the electrical conductivity method on the cold hardiness evaluation in Visit L [J]. Journal of Fruit Science, 1989, 6(3):159-164.
- [12] 孙秉钧,黄礼森,李树玲,等. 利用电解质渗出率方法测定梨的耐寒性[J]. 中国果树, 1987(1):15-18.
SUN B J, HUANG L S, LI S L, et al. Determine the cold resistance of pear by percentage of electrolyte leakage Method [J]. China Fruits, 1987(1):15-18.
- [13] 宋永昌,王祥荣. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 1995.
SONG Y C, WANG X R. Vegetation and Flora of Tiantong National Forest Park Zhejiang Province[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Document Publishing House, 1995.
- [14] 丁圣彦. 常绿阔叶林演替系列比较生态学[M]. 河南开封:河南大学出版社, 1999.
DING S Y. Comparative Ecology of Successive Serial of Evergreen Broad-Leaved Forest[M]. Kaifeng Henan: Henan University Press, 1999.
- [15] 李锡文. 中国樟科植物的地理分布[J]. 植物分类学报, 1979, 17(3):24-26.
LI X W. The geographical distribution of Chinese Lauraceae plants [J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 1979, 17(3):24-26.
- [16] 阎恩荣,仲强,周武,等. 浙江天童雨雪冰冻灾后林木机械受损与相关功能性状的关联[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(3):360-366.
YAN E R, ZHONG Q, ZHOU W, et al. Mechanical damage in relation to tree characteristics after a catastrophic freeze in Tiantong Region, Zhejiang Province [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2010, 27(3):360-366.
- [17] 董丽,贾桂霞,苏雪痕. 常绿阔叶植物越冬期间叶片组织结构的适应性变化[J]. 园艺学报, 2003, 30(1):59-64.
DONG L, JIA G X, SU X H. Change of the leaf tissue structure of evergreen broad-leaf plants during overwintering [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30(1):59-64.
- [18] 徐燕,薛立,屈明. 植物抗寒性的生理生态学机制研究进展[J]. 林业科学, 2007, 4(43):88-94.
XU Y, XUE L, QU M. Physiological and ecological mechanisms of plant adaptation to low temperature [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 4(43):88-94.