

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2014.08.009

11 种常绿阔叶树的抗寒力研究^①

曹 冉, 王海洋

西南大学 园艺园林学院, 重庆 400716

摘要: 通过对重庆市城口县大巴山区广泛分布的常绿阔叶树种进行分析, 从中选取了具有代表性的 11 个常绿阔叶树种, 对其相对电导率、可溶性蛋白含量及可溶性糖含量指标进行测定, 将电导率变化应用 Logistic 方程拟合推算出各树种的半致死温度, 并结合隶属函数法综合评价 11 种常绿阔叶树种的耐寒能力。经判定, 11 种常绿阔叶树种的耐寒力由强到弱依次是: 四川冬青、光叶石楠、红叶石楠、小叶青冈、香樟、白楠、青冈、肉桂、岩栎、大叶桂樱和交让木。

关键词: 常绿阔叶树种; 耐寒力; Logistic 方程拟合; 隶属函数

中图分类号: Q945.78; S602.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2014)8-0057-08

我国南北方城市气候差异较大, 尤其是冬季, 南方城市冬天天气温和, 树木常青; 北方的冬季寒冷且时间长, 因此北方城市园林景观可供选择使用的树种十分有限, 大多集中于杨柳科、蝶形花科等落叶乔木和松科、柏科等常绿针叶乔木, 常绿阔叶乔木利用较少。常绿阔叶树种大多树形优美、叶形饱满、色彩明媚, 如果北方城市能够较好地选择和应用, 必将大力丰富和改善冬季的城市园林景观, 并且可以进一步改善气候, 增强景观生态效应。低温及其冻害依然是常绿阔叶树种自然分布的主要限制因子^[1], 北方城市冬季时间长、气温低, 成为了影响常绿阔叶树种从亚热带引种到暖温带成功与否的关键。

重庆市位于中国西南部的长江上游地区, 北纬 29.35°, 是常绿阔叶林分布的北缘地带, 植物资源丰富, 维管植物近 6 000 种。在位于亚热带北缘地区的重庆境内对常绿阔叶树种进行耐寒能力的调查, 可以为向更高纬度地区植物引种栽培提供理论依据。表 1 列举了北方 10 个城市和本次试验的种源地重庆市城口县的气候条件, 从中可以看出, 它们气候条件相似, 说明从北亚热带地区引种常绿阔叶树种至北方城市栽培具有可行性。

1 材料与方法

1.1 种源地概况及意义

本次试验的种源地为重庆市城口县大巴山区。

城口县地处大巴山区, 属北亚热带山地气候, 系亚热带季风气候区, 具有山区立体气候的特征。气候温和, 雨量充沛, 日照较足, 四季分明, 冬长夏短。全县山地基本上都属于我国大巴山自然保护区的范围, 维管植物约 2 600 种左右。大巴山区具有明显的过渡性气候特点, 植被以落叶阔叶+常绿阔叶混交林为主, 其植被组成类型也具有明显的过渡性。在大巴山区海拔高于 1 000 m 的地段, 有许多如壳斗科、樟科、蔷薇科、虎皮楠科、金缕梅科、木兰科等常绿阔叶树生长。这些树种具有一定的耐寒能力, 经过引种驯化, 完全

① 收稿日期: 2013-10-08
基金项目: 国家林业局研究项目(201004064)基金资助。
作者简介: 曹 冉(1990-), 女, 四川成都人, 硕士研究生, 主要从事风景园林生态研究。
通信作者: 王海洋, 教授。

可能筛选出适应北方城市冬季极端气候的常绿阔叶树种.

城口常年平均气温为 13.8℃,最高年 14.5℃.一年中,7 月平均气温最高,常年平均值为 24.8℃;1 月平均气温最低,常年平均值为 2.4℃.县境内的气温日较差较大,常年平均为 9.6℃.历史上出现的极端最高气温为 38.9℃,极端最低气温为−13.2℃.城口县城平均海拔为 760 m,境内最高点光头山,海拔 2 685.7 m.按照海拔每升高 100 m,温度下降 0.6℃计算,城口大巴山区 1 月平均低温可达到−9.1℃.

由表 1 可知,绝大部分北方城市位于暖温带,有少数城市位于暖温带和亚热带的过渡地带,如平顶山、南阳和洛阳等.由上述内容可知,城口县大巴山区最冷月(1 月)的平均气温在−9.1~2.4℃之间,本研究所选取的北方城市的最冷月(1 月)的平均气温未低于−9.1℃,均在−6.8~0℃之间.因此,本研究所选取的 10 个北方城市与城口大巴山区的气温条件相似,具有引种的可能性.并且华北城市大多为平原城市,平均海拔均低于城口,更为引种的实施提供了保障条件.

表 1 10 个北方城市和城口的区域气候特点

城市名	气候特点	地理位置	七月平均 气温/℃	一月平均 气温/℃	极端高温 /℃	极端低温 /℃	市区海拔 /m
北京	暖温带半湿润大陆性季风气候	北纬 39°54′东经 116°25′	26	−5.6	42.0	−27.4	43.5
天津	暖温带半湿润季风性气候	北纬 39°10′东经 117°10′	23	−2	41.6	−17.8	5
济南	暖温带半湿润季风型气候	北纬 36°40′东经 117°00′	28	−4	42.5	−19.7	53.9
太原	温带季风性气候	北纬 37°52′东经 112°32′	23.5	−6.8	37	−23.3	800
郑州	北温带大陆性季风气候	北纬 34°44′东经 113°42′	27.3	−0.2	45.2	−17.9	105
洛阳	暖温带南缘向北亚热带过渡地带, 大陆性气候	北纬 34°39′东经 112°24′	23~32	−4~6	42	−17	353
平顶山	暖温带和亚热带气候交错的边缘 地区,明显的过渡性特征.	北纬 33°44′东经 113°17′	22~31	−2~5	43.7	−11.3	657
南阳	亚热带向温带的过渡地带,季风 大陆半湿润气候	北纬 34°40′东经 112°21′	27~28	0.5~2.4	40	−21	126
石家庄	暖温带大陆性季风气候	北纬 38°03′东经 114°26′	26.5	−2.9	42.7	−26.5	30~100
西安	暖温带半湿润季风气候	北纬 34°16′东经 108°54′	26.1	−4	40	−8	396.9
城口县	北亚热带山地气候	北纬 31°37′东经 108°15′	24.8	2.4	38.9	−13.2	760

1.2 试验材料

通过查阅城口县大巴山区现有植物名录,以及深入大巴山区进行调研,选取了部分壳斗科、樟科、海桐花科、山茶科、山矾科、蔷薇科、虎皮楠科、冬青科等的常绿阔叶树种,通过比较其生长的海拔高度及观赏特性,进行初步分析;从选取的常绿阔叶树种里选择各方面具有代表性并且具有一定引种价值的 11 个常绿阔叶树种进行具体的生理指标测定分析,综合评价这 11 个树种的耐寒能力.这 11 个树种分别是:交让木(*Daphniphyllum macropodum*),青冈(*Cyclobalanopsis glauca*),四川冬青(*Ilex szechwanensis*),小叶青冈(*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*),光叶石楠(*Photinia glabra*),肉桂(*Cinnamomum cassia*),岩栎(*Quercus acrodonta*),香樟(*Cinnamomum camphora*),白楠(*Phoebe neurantha*),红叶石楠(*Photinia fraseri*),大叶桂樱(*Laurocerasus zippeliana*).

2012 年 12 月,我们进入城口县大巴山区,沿着副厂湾—庙坝镇—城口—明中乡—双河乡—副厂湾,龙田乡—北屏乡—石坊—修齐镇—城口—龙田乡等路线,在晴天的上午 10 时左右,选择在自然条件下生长良好的需要进行生理指标测定的 11 个常绿阔叶树种的植株,采集其枝条,放入准备的聚乙烯袋中^[2],带回学校实验室,进行人工冷冻处理.

1.3 研究方法

1.3.1 材料处理

将采集的每种试验材料枝条平均分成 7 份,分别置于 10, 5, 0, −5, −10, −15, −20℃的冰箱内冷

冻处理 12 h, 其中 10 ℃ 处理作为对照(此时自然环境温度约为 10 ℃).

将低温处理后的枝条, 置于滤纸上晾干, 然后将枝条剪成 1~2 cm 长的小段, 各个温度处理后的每种材料各等量称取 3 份, 每份质量为 1 g, 投入 3 个三角瓶中(即重复 3 次), 每瓶加入 100 mL 蒸馏水, 浸泡 48 h^[3].

1.3.2 测定与评价方法

1) 电导法测试方法: 将浸泡 48 h 之后的每份枝条小段用 DDS-307W 型数字电导仪测定浸出液电导率(测时摇匀), 每瓶重复测定 3 次. 然后置沸水浴中 20 min 冷却, 测其煮沸电导率, 按下列公式计算其相对电导率:

$$\text{相对电导率}(\%) = \text{冷冻处理电导率} \times 100 / \text{煮沸电导率}$$

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 $Y = k / (1 + ae^{-bt})$ 具有较好的拟合度, 计算该 Logistic 方程的二阶导数, 并令其等于零, 则可获得曲线的拐点, $X = -\ln a / b$, 即为半致死温度(Lethal temperature 50, LT50). 在此点, 低温对电解质的递增效应最大^[4]. 采用胡文冉等的方法用 Excel 对相对电导率进行 Logistic 方程拟合, 并计算出 11 种常绿阔叶树种的半致死温度^[5].

2) 可溶性蛋白质测试方法: 有 2 个步骤: ① 标准曲线的制作: 取 6 支 10 mL 干净的具塞试管, 分别按照 1 000 μg/mL 标准蛋白液 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 和 0.10 mL, 蒸馏水 1.00, 0.98, 0.96, 0.94, 0.92 和 0.90 mL, 考马斯亮蓝 G-250 试剂均为 5 mL 取样. 盖塞后, 将各试管中溶液纵向倒转混合, 放置 2 min 后用 1 cm 光径的比色杯在 595 nm 波长下比色, 记录各管测定的光密度 OD_{595 nm}, 并做标准曲线. ② 吸取每份材料提取液 1 mL(逐一重复), 放入具塞刻度试管中, 加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 蛋白试剂, 充分混合, 放置 2 min 后用 1 cm 光径的比色杯在 595 nm 下比色, 记录光密度 OD_{595 nm}, 并通过标准曲线查得待测样品提取液中蛋白质的含量 X(μg). 以标准曲线 1 号试管做空白.

3) 可溶性糖测试方法: 有 2 个步骤: ① 标准曲线的制作: 取 6 支大试管, 分别按照 100 μg/mL 葡萄糖溶液 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 和 1.0 mL, 蒸馏水 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 和 0 mL, 蒽酮试剂均为 5 mL 取样. 将各试管快速摇动混匀后, 在沸水浴中煮 10 min, 取出冷却, 在 620 nm 波长下, 用空白调零测定光密度, 以光密度为纵坐标, 含葡萄糖量(μg)为横坐标绘制标准曲线. ② 吸取每份材料提取液 1 mL(逐一重复), 加入 5 mL 蒽酮试剂, 同以上操作测定光密度, 重复 3 次, 记录光密度 OD_{620 nm}, 并通过标准曲线查得待测样品提取液中葡萄糖的含量 X(μg). 计算可溶性糖含量.

$$\text{可溶性糖含量}(\%) = \frac{C \times V_T}{W \times V_1 \times 10^6} \times 100\%$$

式中: C 为从标准曲线查得葡萄糖量, μg; V_T 为样品提取液总体积, mL; V₁ 为显色时取样品液量, mL; W 为样品重, g.

4) 隶属函数法: 由于植物的抗寒性是由多种特异的数量型抗寒基因所调控, 因此同时采用多项指标, 结果会更加可靠. 使用隶属函数法将测定的 11 种常绿阔叶树种的 3 项指标进行综合评价, 对参试的 11 种常绿阔叶树种的 3 项生理指标进行隶属函数加权平均值计算.

与抗寒性呈正相关的参数可溶性蛋白和可溶性糖用(1)计算:

$$U_{(xjk)} = (X_{jk} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \tag{1}$$

与抗寒性呈负相关的参数相对电导率用(2)计算:

$$U_{(xjk)} = 1 - (X_{jk} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \tag{2}$$

式(1), (2)中: U_(xjk) 为第 j 个常绿阔叶树种第 k 项指标的隶属值; X_{jk} 表示第 j 个树种第 k 项指标测定值; X_{max} 和 X_{min} 为所有参试种中第 k 项指标的最大值和最小值. 各项指标隶属度的平均值可作为其耐寒能力综合评判标准^[6].

2 结果与分析

2.1 电导率测定结果

2.1.1 相对电导率变化

由图 1 可见, 11 种常绿阔叶树种的相对电导率均随温度的降低而升高, 从 10 ℃ 降到 0 ℃ 的过程中,

每一个树种的相对电导率都增加缓慢,平均升高了 9.7%;而 0℃下降到−10℃的过程中,大部分树种的相对电导率出现了急剧的增加,平均增加了 32.65%;在−5℃到−10℃的过程中,光叶石楠增加了 20.9%,肉桂增加了 16.5%,岩栎增加了 22.4%,香樟增加了 22.0%,白楠增加了 16.2%;在 0℃到−5℃的过程中,交让木增加了 32.7%,肉桂增加了 25.4%,岩栎增加了 21.3%,大叶桂樱增加了 15.9%。从−10℃到−15℃过程中,青冈、四川冬青、红叶石楠和小叶青冈的相对电导率都有明显的增加,平均增加了 23.68%。处理温度从−15℃到−20℃的过程中,所有树种的相对电导率增加又趋于平稳,平均增加了 3.79%。

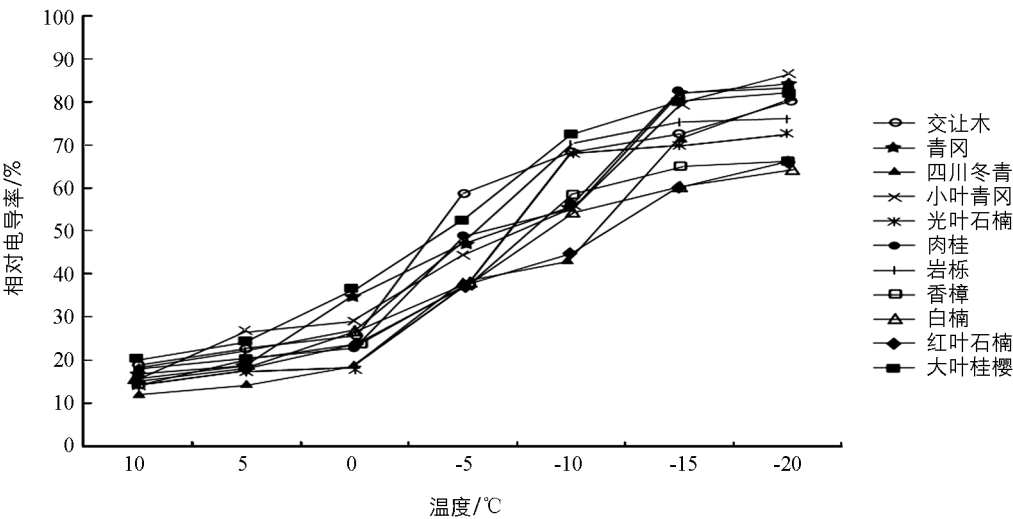


图 1 常绿阔叶树种相对电导率的变化

2.1.2 Logistic 方程拟合及半致死温度

利用电导法鉴定植物的耐寒性在以往的研究中都已得到了很多可靠的结果,但结合 Logistic 方程拟合,推断植物的半致死温度,可以更加准确地判断植物耐低温的程度^[7]。下表为用 Excel 进行 Logistic 方程拟合得到的结果。

表 2 11 个常绿阔叶树种的 LT50 值和 Logistic 方程的参数值

树 种	K	a	b	LT50/℃	R ²
交让木	86.700 5	0.503 9	0.172 5	−1.78	0.952 0**
青冈	111.982 5	2.341 4	0.104 0	−8.18	0.968 8**
四川冬青	124.352 4	4.199 3	0.102 1	−14.06	0.966 9**
小叶青冈	125.796 0	2.785 0	0.092 7	−11.05	0.979 7**
光叶石楠	119.814 1	3.374 3	0.096 1	−12.65	0.906 4*
肉桂	109.594 0	2.357 7	0.105 2	−8.16	0.937 3*
岩栎	93.071 2	1.570 2	0.113 1	−3.99	0.935 4*
香樟	100.958 8	2.555 9	0.091 4	−10.27	0.953 7**
白楠	90.324 1	2.114 6	0.090 7	−8.26	0.972 0**
红叶石楠	100.392 7	2.680 0	0.084 0	−11.74	0.983 7**
大叶桂樱	97.960 7	1.438 4	0.112 5	−3.23	0.972 5**

注: ** 表示极为显著; * 表示显著。

由表 2 可以看出,四川冬青的半致死温度最低,为−14.06℃,最高的为交让木,为−1.78℃。其中低于−10℃的有四川冬青、小叶青冈、光叶石楠、香樟和红叶石楠,低于−5℃的有青冈、肉桂和白楠,高于−5℃的为交让木、岩栎和大叶桂樱。依据拐点温度高低顺序,通过电导法推断的 11 种常绿阔叶树种的耐寒顺序为:四川冬青、光叶石楠、红叶石楠、小叶青冈、香樟、白楠、青冈、肉桂、岩栎、大

叶桂樱和交让木.

2.2 可溶性蛋白的变化

如果只测定各树种的电导率变化, 不够综合判定树种的耐寒能力, 于是再测定了 11 个常绿树种的可溶性蛋白和可溶性糖含量, 并以隶属函数法综合判断.

由图 2 可知, 除交让木以外, 其余 10 个常绿阔叶树种可溶性蛋白均随温度的降低呈逐渐升高的趋势. 其中, 红叶石楠、香樟、四川冬青、光叶石楠在 5℃ 到 0℃ 过程中增长最快, 0℃ 时其可溶性蛋白的含量分别是 5℃ 时的 2.19 倍、3.72 倍、2.56 倍和 3.24 倍. 0℃ 到 -5℃ 过程中, 青冈和肉桂增长最快, -5℃ 时分别为 0℃ 时的 2.41 倍和 2.03 倍. 小叶青冈 -15℃ 时可溶性蛋白的含量则是 -10℃ 时的 1.27 倍; 岩栎 -15℃ 时可溶性蛋白的含量则是 -10℃ 时的 1.45 倍; 白楠的可溶性蛋白含量一直平缓上升. 交让木则最为特殊, 一直没有测到可溶性蛋白.

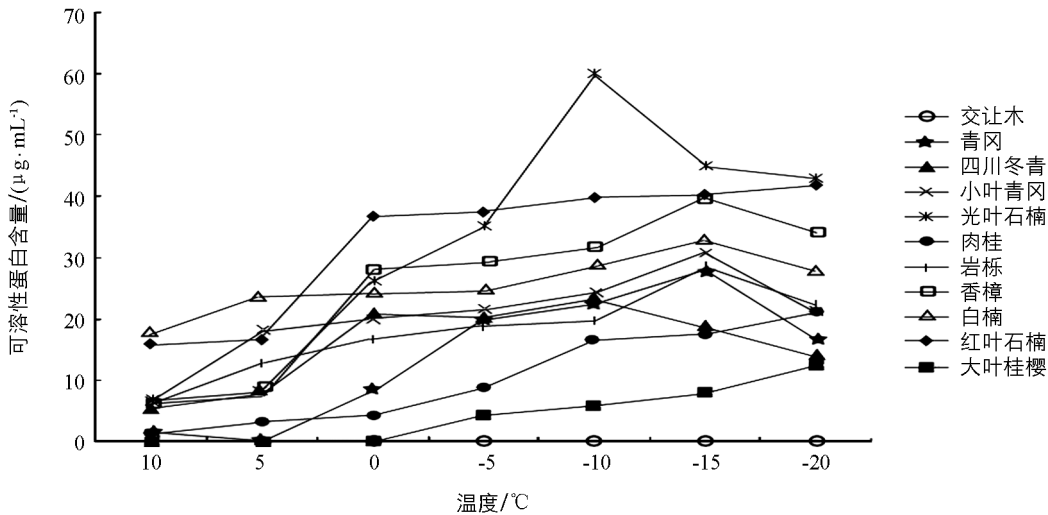


图 2 11 种常绿阔叶树可溶性蛋白的变化

2.3 可溶性糖的变化

由于有 3 个树种的可溶性糖含量明显高于其他树种, 因此采取两张图的方式表示可溶性糖含量的变化.

图 3 表明, 各个树种的可溶性糖含量均随处理温度的降低而呈上升趋势, 其中交让木、四川冬青和肉桂的可溶性糖出现的最高值明显高于其余各树种: 交让木从 -10℃ 到 -15℃ 的时候增长最多, 增长了 11.31% 并达到最高值 18.68%; 四川冬青同样也是从 -10℃ 到 -15℃ 的时候增长最多, 增长了 5.31%, 最高值为 8.84%; 肉桂则是从 -15℃ 到 -20℃ 的时候增长最多, 增长了 8.65%, 最高值为 11.01%.

其余 8 个树种可溶性糖含量的最高值显著低于上述 3 个树种. 大叶桂樱、香樟、红叶石楠、白楠在 5℃ 到 0℃ 的过程中增长最多, 分别增长了 0.83%, 0.51%, 0.41% 和 0.19%. 光叶石楠在 0℃ 到 -5℃ 过程中增长最多, 增长了 0.83%. 青冈和岩栎在 -5℃ 到 -10℃ 过程中增长最多, 分别增长了 0.76% 和 0.27%. 小叶青冈则在 -10℃ 到 -15℃ 过程中增长最多, 增长了 0.81%.

2.4 隶属函数综合判断

将测量的 11 个常绿阔叶树种 3 项与抗寒性有相关性的生理指标运用隶属函数的方法进行综合分析, 11 个常绿阔叶树种 3 项生理指标的隶属平均值见表 3.

在相对电导率推算树种半致死温度的基础之上, 增加了测量植物可溶性蛋白和可溶性糖含量, 通过隶属函数综合分析, 11 个常绿阔叶树种的耐寒能力由强到弱排序为: 四川冬青、红叶石楠、光叶石楠、小叶青冈、香樟、白楠、青冈、交让木、肉桂、岩栎和大叶桂樱. 整体排序与半致死温度排序基本一致, 个别树种的结果可能有误, 如交让木未检测到可溶性蛋白, 但可溶性糖含量又异常高, 可能对判断造成影响.

整体综合评价判定，我们认为这 11 种常绿阔叶树种的耐寒能力由强到弱依次为：
四川冬青、光叶石楠、红叶石楠、小叶青冈、香樟、白楠、青冈、肉桂、岩栎、大叶桂樱和交让木。

表 3 11 个常绿阔叶树种耐寒能力的综合评价

树 种	相对电导率 B	蛋白质含量 A	可溶性糖含量 A	平均隶属值	耐寒力排序
交让木	0.299 2	0	0.869 6	0.389 6	8
青冈	0.487 6	0.355 6	0.384 5	0.409 3	7
四川冬青	0.805 1	0.412 3	0.689 8	0.635 7	1
小叶青冈	0.736 5	0.548 5	0.276 1	0.520 4	4
光叶石楠	0.763 3	0.768 2	0.180 4	0.570 6	3
肉桂	0.379 1	0.139 6	0.510 2	0.343 0	9
岩栎	0.335 6	0.473 9	0.012 5	0.274 0	10
香樟	0.505 0	0.629 7	0.261 7	0.465 4	5
白楠	0.557 7	0.639 8	0.196 5	0.464 6	6
红叶石楠	0.817 6	0.828 8	0.223 8	0.623 4	2
大叶桂樱	0.109 3	0.097 2	0.458 7	0.221 7	11

注：与抗寒性成正相关的生理指标用 A 表示，与抗寒性成负相关的生理指标用 B 表示。

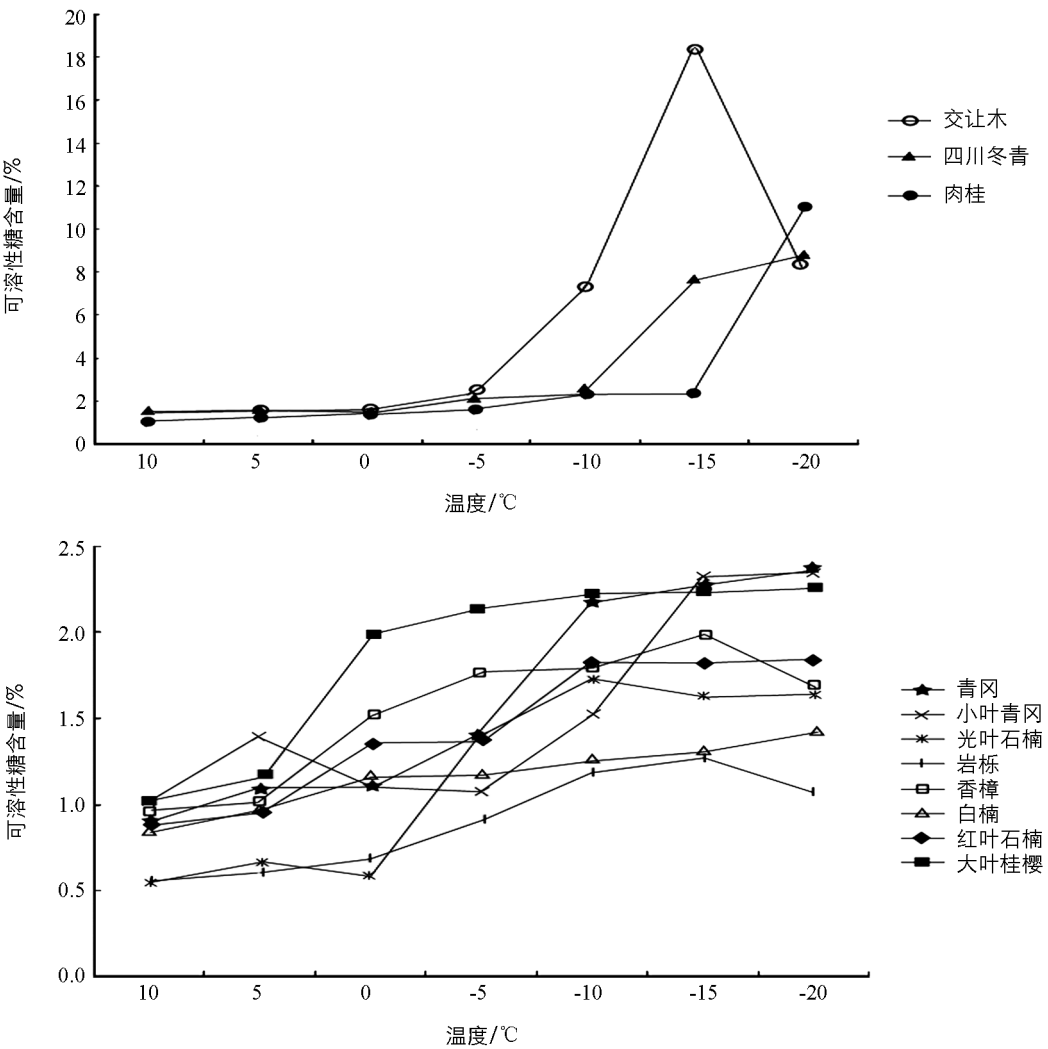


图 3 11 种常绿阔叶树可溶性糖含量的变化

3 结论与讨论

3.1 常绿阔叶树种耐寒能力与膜系统的关系

植物细胞膜主要是由脂类和蛋白质组成的流动镶嵌结构,细胞膜是细胞感受环境胁迫最敏感的部位.当植物遭受低温胁迫时,膜的结构会遭到破坏,细胞内会发生一系列生理生化变化,细胞膜的透性会进一步增大,细胞内各种水溶性物质以及电解质都会不同程度地外渗,随着低温胁迫的增强,外渗率会相应提高,因此电导率也会随着升高.本试验的 11 个常绿阔叶树种的电导率均随温度的降低呈明显升高的趋势,并且相对电导率的变化与植物耐寒能力排序基本一致.抗寒力较弱的树种在温度从 0 ℃降低到-5 ℃的过程中,电导率发生了急剧的变化,而抗寒力较强的树种则在-15 ℃到-10 ℃的过程中电导率才有急剧的增高,其余树种则是在-5 ℃到-10 ℃的过程中出现电导率急剧增高的现象.而在-15 ℃到-20 ℃的过程中,所有树种的电导率均维持较高水平且上升趋势趋于平缓,说明此时细胞膜已经发生了不可逆的伤害^[8].

3.2 常绿阔叶树种耐寒能力与可溶性蛋白的关系

研究者曾发现,在低温处理的植物叶片中出现了两种可溶性蛋白含量的增加,并存在于细胞质中^[9].植物可溶性蛋白含量的增加,是植物产生抗寒性的重要过程.在低温胁迫的过程中,可溶性蛋白可以调节细胞液的浓度,降低其渗透率,并且可溶性蛋白的亲水性强,可显著提高细胞的保水能力.因此可溶性蛋白能对遭受低温胁迫的植物产生保护的功能.本试验所选用的 11 中植物材料,除未在交让木的浸出液里检测出可溶性蛋白以外,其余各个树种的可溶性蛋白含量均随温度降低呈上升趋势,但出现峰值的温度不同,说明各个树种对低温调节的敏感度有一定的差异.

3.3 常绿阔叶树种耐寒能力与可溶性糖的关系

王淑杰等通过对可溶性全蛋白、可溶性糖含量与葡萄抗寒性关系的研究得出可溶性糖和电解质外渗率呈显著相关关系^[10].可溶性糖在抗寒中是一个渗透调节因子,能降低细胞原生质的冰点,提高原生质的活性,增强植物的抗寒能力.本试验所选用的 11 个常绿阔叶树种的可溶性糖含量均随处理温度的降低而呈上升趋势,与可溶性蛋白含量的变化一样,不同植物浸出液检测到的可溶性糖含量出现峰值的温度各不相同,说明各个树种对低温调节的敏感度有一定的差异.

3.4 讨 论

本试验选取的 11 个常绿阔叶树种来自重庆市城口大巴山区,试验结果基本符合当地植物生长的状况.但是由于取材的时间、地理环境、植物材料本身生长状况以及试验方法等因素的影响,试验结果存在一定的误差.如生长在海拔不超过 500 m 的肉桂在此次试验中测定的耐寒能力超过了分布海拔为 300~2 300 m 的岩栎、600~1 900 m 的交让木和 600~2 400 m 的大叶桂樱等.对于出现此种情况的树种还有待进一步评价其耐寒能力,暂不讨论其引种的可能性.在测定的 3 个生理指标中,有的树种在某一方面表现显著,另一方面却没有明显变化,如交让木在可溶性糖含量的测定中很显著,但是在可溶性蛋白的测定中却一直为 0.对这种在单方面生理指标上表现不明显的树种暂不讨论进行引种的可能性.

3.5 结 论

常绿阔叶树种对提升城市品位,调节城市气候,丰富城市景观,改善城市环境有着必不可少的作用^[11].本试验的目的在于将 11 种树种的耐寒能力进行排序、筛选,为常绿阔叶树种的引种栽培提供依据,提出从我国北亚热带引种常绿阔叶树种到暖温带的可行的实施方法.综合各个树种的分布海拔范围、耐寒能力生理指标测定结果以及各个树种本身的园林景观价值,尤其考虑到植物半致死温度的高低,判断四川冬青、光叶石楠、红叶石楠、小叶青冈和香樟这 5 个常绿阔叶树种具备从北亚热带向暖温带引种的条件.

参考文献:

- [1] 苏 敬.自然降温过程中五个常绿阔叶树种的抗寒性研究 [D].南京:南京林业大学,2007.
- [2] 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.

- [3] 张菊梅,王海洋,覃建美. 电导法对蕨类抗寒性的测定 [J]. 西南大学学报:自然科学版, 2007, 29(12): 81—84.
- [4] 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.
- [5] 胡文冉,范玲,田晓莉,等. Excel 在 Logistic 曲线拟合中的应用 [J]. 农业网络信息, 2013(3): 14—16.
- [6] 邓菊庆,蹇洪英,李淑斌,等. 五种野生蔷薇属植物抗寒力的综合评价 [J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2012, 37(4): 70—75.
- [7] 刘艳芬,张喜焕,李磊. 邯郸地区 15 种常绿阔叶树种抗寒性比较 [J]. 辽宁林业科技, 2009(2): 19—20.
- [8] 孙玉洁,王国槐. 植物抗寒生理的研究进展 [J]. 作物研究, 2009, 23(5): 293—297.
- [9] GUY C L. Cold Acclimation and Freezing Stress Tolerance Role of Protein Metabolism [J]. Plant Physiol, 1990(41): 187—223.
- [10] 王淑杰,王家民,李亚东,等. 可溶性全蛋白、可溶性糖含量与葡萄抗寒性关系的研究 [J]. 北方园艺, 1996(2): 13—14.
- [11] 谢晓金,郝日明,张纪林. 常绿阔叶树种的耐低温特性及其生态学评价 [J]. 生态学报, 2004, 254(11): 138—141.

Comprehensive Evaluation of 11 Evergreen Broad-Leaved Tree Species for Their Cold Tolerance

CAO Ran, WANG Hai-yang

School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400716, China

Abstract: After a preliminary analysis of evergreen broad-leaved tree species which are widely distributed in the Daba Mountains, 11 representative species were selected for the determination of their relative electrical conductivity and contents of soluble proteins and soluble sugars. The changes in electrical conductivity were fitted with the logistic equation to compute their critical lethal temperature (LT_{50}), and combined with the subordinate function method, a comprehensive evaluation was made of their respective cold tolerance. Of the 11 species studied, *Ilex szechwanensis* was shown to be the most cold-tolerant, followed in order by *Photinia glabra*, *P. fraseri*, *Cyclobalanopsis myrsinaefolia*, *Cinnamomum camphora*, *Phoebe neurantha*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Cinnamomum cassia*, *Quercus acrodonta*, *Laurocerasus zippeliana* and *Daphniphyllum macropodum*.

Key words: evergreen broad-leaved tree species; cold tolerance; logistic equation; subordinate function

责任编辑 欧 宾

