

# 低温胁迫下羊蹄甲和洋紫荆家系叶片相对电导率的变化\*

王 洋<sup>1</sup> 魏 丹<sup>1</sup> 张梅兰<sup>2</sup> 冯志坚<sup>3</sup>  
陈友光<sup>4</sup> 张 耕<sup>1</sup>

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 南雄市林业科学研究所, 广东 韶关 512400; 3. 华南农业大学, 广东 广州 510520; 4. 广东如春生态集团有限公司, 广东 广州 510520)

**摘要** 羊蹄甲 *Bauhinia purpurea* 和洋紫荆 *Bauhinia variegata* 是羊蹄甲属常见的景观树种, 为研究其不同家系的抗寒能力, 利用电导法分别对半年生实生苗进行人工低温胁迫试验。结果表明: 随着低温胁迫的加重, 各家系的叶片相对电导率整体呈上升趋势, 且不同家系叶片的相对电导率增长速率不同, 表明低温胁迫下各家系叶片的质膜受损程度不同。结合其形态特征变化和后期恢复速度, 发现羊蹄甲 Y15、洋紫荆 G48、G26、G34 家系的叶片相对电导率上升幅度较小, 低温胁迫后恢复生长情况良好, 表明其抗寒性较强。

**关键词** 羊蹄甲; 洋紫荆; 家系; 低温胁迫; 相对电导率

中图分类号: S722.36 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 01-0105-05

## Changes of Relative Conductance in Strains of *Bauhinia purpurea* and *Bauhinia variegata* under Cold Stress

WANG Yang<sup>1</sup> WEI Dan<sup>1</sup> ZHANG Meilan<sup>2</sup> FENG Zhijian<sup>3</sup>  
CHEN Youguang<sup>4</sup> ZHANG Geng<sup>1</sup>

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Nanxiong Academy of Forestry, Nanxiong, Guangdong 512400, China; 3. South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 4. Guangdong Ruchun Ecological Group Co, Ltd, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** *Bauhinia purpurea* and *B. variegata* are common landscape tree species of *Bauhinia*. In order to study the cold resistance ability of different strains, artificial low temperature stress test was carried out by conductivity method on half year old seedlings respectively, and field test was carried out to screen strains with strong resistance. The results showed that with the increase of low temperature stress, the relative conductance of leaves of different strains showed an overall increasing trend and was different from each other, indicating that the damage degree of plasma membrane of leaves of each strain was different under low temperature stress. Combined with its morphological characteristics change, the relative conductance of leaves of *B. purpurea* Y15, *B. variegata* G48, G26 and G34 increased slightly, and the growth of leaves recovered well after low temperature stress, suggesting that they had better resistance to cold.

**Key words** *Bauhinia purpurea*; *Bauhinia variegata*; family; cold resistance; relative conductance

\* 基金项目: 广州市科技计划项目 (201904010397)。

第一作者: 王洋 (1992—), 女, 助理工程师, 主要从事园林植物培育与推广, E-mail: 1094689939@qq.com。

通信作者: 魏丹 (1982—), 女, 高级工程师, 主要从事园林植物选育与推广、古树名木保护工作, E-mail: 13168613@qq.com。

羊蹄甲 *Bauhinia purpurea* 和洋紫荆 *Bauhinia variegata* 为豆科 Leguminosae 苏木亚科 Caesalpinioideae 羊蹄甲属 *Bauhinia* 景观树种, 是我国南方地区的乡土树种, 具有地域景观代表性。两者适应性强、生长快速、花量大、花期长<sup>[1]</sup>, 是广东、广西、福建、海南地区优良的观花行道树和园景树, 广泛应用于公园和街道绿化中<sup>[2-3]</sup>。近年来, 四川、重庆、江西和湖南局部地区也有引种植, 种苗主要来自于广东珠三角地区, 由于冬季低温, 苗木生长不佳, 即使在广东粤北地区, 也存在同样的问题。

低温是限制植物自然地理分布和引种应用的主要因素, 也是危害栽培生产的主要自然灾害之一<sup>[4]</sup>。生物膜结构的动态变化是研究植物抗寒能力及抗寒机理的重要依据<sup>[5-6]</sup>, 低温会破坏细胞的膜结构, 降低膜的流动性和对物质的吸收和运输, 使细胞内的溶质外渗, 电导率增大<sup>[7-9]</sup>。电导率法常用于测定植物膜结构的伤害程度, 进而分析其抗寒能力<sup>[10]</sup>。利用人工气温箱试验测定植物在低温胁迫下叶片电导率的变化, 具有周期较短、可控性较强的优点, 可弥补野外试验的不足。

本文以羊蹄甲和洋紫荆各 9 个具有优良观赏性的家系为试验材料, 通过人工低温胁迫试验, 研究两种植物不同家系的叶片电导率的变化, 并对其恢复生长情况进行调查统计, 为其选育、引

种驯化和推广应用提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2014 年在广州、韶关、肇庆, 收集具有优良观赏性、长势良好的羊蹄甲、洋紫荆单株种子, 于 2014 年 6 月广东省林业科学研究院苗圃进行播种育苗。苗圃地位于广州市, 处于亚热带季风气候区, 年平均温度为 21.8℃, 温度最高的月份为 8 月, 最低为 1 月, 平均相对湿度 77%, 年均降雨量 1 899.8 mm, 集中在 4—10 月。经过在广东省林业科学研究院苗圃 6 个多月的栽培, 进一步筛选出羊蹄甲和洋紫荆各 9 个观赏性较强的优良家系 (表 1、表 2), 每家系选择 10 株于华南农业大学林学与风景园林学院楼进行人工气温箱试验。

### 1.2 试验设计

将苗木置于人工气温箱内, 设置光照强度为 1 200 lx, 光照时间为 12 h/d, 相对湿度控制在 75%~85% 之间, 分别设置 9、6、3、0、-3℃共 5 种温度梯度, 以 3℃·d<sup>-1</sup> 的速率进行降温处理。当温度降至设定温度时, 保持 24 h 后选择第 2~6 片展开叶进行电导率测定。每个家系准备 3 份叶片, 去除叶脉, 每份称重 0.3 g, 用 30 mL 蒸馏水浸泡 24 h 后用 DDS-11AGA 型数字电导仪测定液体的电导率 R1, 再将测定后的各样品置于 100℃的沸

表 1 羊蹄甲不同家系的概况

Tab.1 Basic situation of different families of *B. purpurea*

| 编号<br>Rank | 家系<br>Strain | 来源<br>Source region | 平均苗高 /cm<br>Average height | 平均地径 /cm<br>Average diameter |
|------------|--------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| Y1         | 南雄 04        | 广东韶关                | 73.40 ± 4.32               | 0.66 ± 0.01                  |
| Y2         | 南雄 05        | 广东韶关                | 61.94 ± 0.98               | 0.56 ± 0.05                  |
| Y3         | 南雄 07        | 广东韶关                | 64.18 ± 1.23               | 0.56 ± 0.04                  |
| Y4         | 南雄 08        | 广东韶关                | 71.60 ± 2.95               | 0.62 ± 0.03                  |
| Y15        | 大南山 11       | 广东肇庆                | 70.92 ± 2.31               | 0.58 ± 0.05                  |
| Y18        | 大南山 14       | 广东肇庆                | 61.50 ± 3.22               | 0.51 ± 0.03                  |
| Y19        | 大南山 16       | 广东肇庆                | 75.30 ± 1.98               | 0.71 ± 0.02                  |
| Y23        | 大南山 21       | 广东肇庆                | 71.28 ± 3.00               | 0.67 ± 0.02                  |
| Y36        | 大南山 34       | 广东肇庆                | 67.88 ± 2.47               | 0.73 ± 0.04                  |

注: 表中数据为平均值 ± 标准差。

Note: the data in the table is the mean ± standard deviation.

表 2 洋紫荆不同家系的概况  
Tab.2 Basic situation of different families of *B. variegata*

| 编号<br>Rank | 家系<br>Strain | 来源<br>Source region | 平均苗高 /cm<br>Average height | 平均地径 /cm<br>Average diameter |
|------------|--------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| G23        | 火炉山 02       | 广东广州                | 66.22 ± 1.08               | 0.57 ± 0.03                  |
| G26        | 林机厂 02       | 广东广州                | 64.4 ± 3.16                | 0.55 ± 0.01                  |
| G32        | 林机厂 01       | 广东广州                | 78.68 ± 5.02               | 0.69 ± 0.03                  |
| G33        | 林机厂 03       | 广东广州                | 84.38 ± 3.02               | 0.75 ± 0.02                  |
| G34        | 林科院 01       | 广东广州                | 83.68 ± 1.89               | 0.73 ± 0.01                  |
| G35        | 林机厂 04       | 广东广州                | 79.84 ± 2.96               | 0.69 ± 0.02                  |
| G37        | 林机厂 06       | 广东广州                | 72.04 ± 3.09               | 0.67 ± 0.05                  |
| G39        | 林机厂 05       | 广东广州                | 67.92 ± 4.36               | 0.59 ± 0.04                  |
| G48        | 渔沙坦 01       | 广东广州                | 66.94 ± 3.15               | 0.59 ± 0.01                  |

注：表中数据为平均值 ± 标准差。  
Note: the date in the table is the mean ± standard deviation.

水水浴锅中 20 min，冷却至室温后测定其电导率 R2，通过计算 R1、R2 之间的比值得出相对电导率，用来表示质膜相对透性<sup>[5]</sup>。低温处理结束后，将所有试验苗木放置于苗圃中，进行低温胁迫后自然条件下的恢复管理。10 d 后，对其恢复后的形态特征进行调查。

1.3 统计方法

使用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 22 进行试验数据处理，使用 Origin 2017 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对羊蹄甲家系叶片质膜透性的影响

如图 1 所示，整体上羊蹄甲 9 个家系的叶片相对电导率随着温度的降低呈上升趋势，但不同家系和不同温度的上升趋势不同。在一定低温范围内（0~9℃），所有家系的相对电导率均随着温度的降低而增加，其中，Y19 的上升幅度最大，0℃时的叶片相对电导率比 9℃时增加 220.42%；Y1 在此温度区间的相对电导率上升幅度最小，仅为 44.96%，其次为 Y15 和 Y3，分别增长了 68.17% 和 76.80%。当温度从 0℃降到 -3℃时，除 Y15、Y18、Y19 外，其他家系叶片相对电导率均上升。在整个胁迫期间，增长率最大的是 Y2，比 9℃时增长了 259.02%；增长率最小的为 Y15，仅增长了 31.49%，其次为 Y18、Y4，分别增长了 75.70% 和 92.58%。

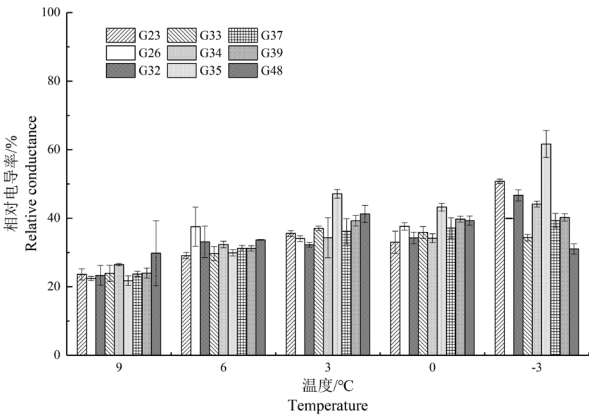


图 1 低温胁迫下羊蹄甲不同家系相对电导率变化  
Fig.1 Relative conductance in different families of *B. purpurea* under cold stress

2.2 低温胁迫对洋紫荆家系叶片质膜透性的影响

如图 2 所示，洋紫荆不同家系的叶片相对电导率随着低温胁迫的加剧整体呈上升趋势，同样分两个阶段对不同家系的相对电导率变化进行分析。在 0~9℃之间，G35 相对电导率增加最大，为 98.64%，其他家系的叶片相对电导率上升速率均较缓。当温度从 0℃降到 -3℃时，除 G48 外，其他家系相对电导率均呈上升趋势。在整个胁迫期间，G35 的相对电导率增长最明显，-3℃胁迫下比 9℃处理时增加了 183.24%，其次为 G23、G32，分别增加了 115.15%、100.17%；G48 的相对电导率增长量最小，整个胁迫期间仅增加了 4.28%，其次为 G33，电导率增长量为 43.59%。

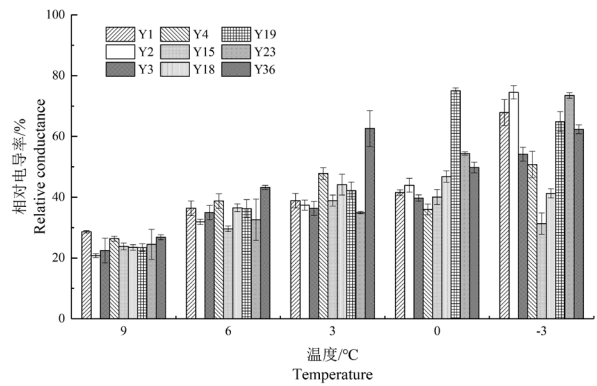


图 2 低温胁迫下洋紫荆不同家系相对电导率变化  
Fig.2 Relative conductance in different families of *B. variegata* under cold stress

2.3 低温胁迫后恢复生长

对各家系低温胁迫后恢复生长的形态特征进行调查，结果表明：在羊蹄甲 9 个家系中，Y15 的茎、叶均表现正常，说明该家系在  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  低温胁迫下能够较为正常地生长，抗寒性较强；其余家系的茎、叶均干枯凋落，说明这些家系无法适应  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  低温胁迫，抗寒性较弱（表 3）。

在洋紫荆家系中，G26、G34 和 G48 家系的试验苗木的茎、叶均正常，说明这些家系在  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  低温胁迫下能够较为正常地生长，抗寒性较强；G23、G35 和 G37 家系部分植株茎表现正常，说明这些家系能够在一定程度上适宜低温胁迫；其余家系的 10 株试验材料均为茎、叶干枯，说明这些家系无法适应  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  低温胁迫，抗寒性较弱（表 4）。

表 3 羊蹄甲不同家系低温胁迫后的恢复生长  
Tab.3 Features of different families of *B. purpurea* under cold stress

| 单株编号<br>Rank | 茎、叶均正常 / 株<br>Plants with normal<br>stems and leaves | 茎正常、叶干枯 / 株<br>Plants with normal<br>stems and dry leaves | 茎、叶均干枯 / 株<br>Plants with dry stems<br>and leaves | 耐寒性<br>Cold tolerance |
|--------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|
| Y1           | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y2           | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y3           | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y4           | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y15          | 10                                                   | 0                                                         | 0                                                 | 较强                    |
| Y18          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y19          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y23          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| Y36          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |

表 4 洋紫荆不同家系低温胁迫后的恢复生长  
Tab.4 Features of different families of *B. variegata* under cold stress

| 单株编号<br>Rank | 茎、叶均正常 / 株<br>Plants with normal<br>stems and leaves | 茎正常、叶干枯 / 株<br>Plants with normal<br>stems and dry leaves | 茎、叶均干枯 / 株<br>Plants with dry stems<br>and leaves | 耐寒性<br>Cold tolerance |
|--------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|
| G23          | 0                                                    | 3                                                         | 7                                                 | 一般                    |
| G26          | 10                                                   | 0                                                         | 0                                                 | 较强                    |
| G32          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| G33          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| G34          | 10                                                   | 0                                                         | 0                                                 | 较强                    |
| G35          | 0                                                    | 3                                                         | 7                                                 | 一般                    |
| G37          | 0                                                    | 5                                                         | 5                                                 | 一般                    |
| G39          | 0                                                    | 0                                                         | 10                                                | 较弱                    |
| G48          | 10                                                   | 0                                                         | 0                                                 | 较强                    |

### 3 结论与讨论

当受到低温胁迫时,植物的生物膜系统首先受到伤害,导致细胞膜透性增大,电解质外渗,细胞膜透性的变化可直接反应植物受低温伤害的程度<sup>[11-12]</sup>。研究表明,电导法在研究植物抗寒方面具有准确、灵敏、易操作等优点,当植物受到低温伤害时,叶片的电导率增加,并与温度呈负相关。本试验结果显示,羊蹄甲和洋紫荆家系的叶片相对电导率基本上随温度的降低而增加。但当温度为 $-3^{\circ}\text{C}$ 时,少数家系,如Y15、Y18、Y19、G48的相对电导率呈下降趋势,可能是由于这些家系在降温过程中产生了低温防御反应,细胞膜得到一定程度的修复。对于羊蹄甲9个家系来说,Y15的电导率变化最小,表明其抗寒性较强,通过恢复生长后的形态特征调查也证实了这一点。Y15在恢复生长后10株苗木茎、叶均表现正常,而其他家系的茎、叶均干枯。相比于羊蹄甲,洋紫荆家系整体上电导率变化较小,表明其抗寒性强于羊蹄甲。通过相对电导率变化及恢复生长情况调查,得出9个家系中,G48、G26、G34的抗寒性较强。

植物抗寒机制错综复杂,不同物种、品种,甚至家系的抗寒性存在一定的差异<sup>[13-15]</sup>。本实验仅对羊蹄甲和洋紫荆不同家系的相对电导率和恢复生长情况进行了测定、调查分析,可在一定程度上反应不同家系抗寒能力,但要全面了解其抗寒生理生化机制,须对相关抗寒指标,如叶绿素含量、丙二醛、超氧化物歧化酶、脯氨酸、可溶性糖等进行全面综合的测定分析<sup>[16-17]</sup>,从而建立能准确反应羊蹄甲和洋紫荆不同家系抗寒能力的综合评价体系,为其引种、选育和推广应用提供依据。

### 参考文献

[1] 魏丹, 胡柔璇, 赵庆, 等. 10个羊蹄甲优良家系抗旱性研

究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(5): 130-136.

- [2] 刘粹纯, 黄伟锋. 羊蹄甲属乔木的文化意蕴及其园林应用[J]. 现代园艺, 2012(4): 44.
- [3] 杨之彦, 冯志坚, 曹忠元. 羊蹄甲属观赏植物的辨别及其园林应用[J]. 广东园林, 2011, 33(1): 47-51.
- [4] 黄丽群, 李志辉. 园林植物抗寒性研究进展[J]. 湖南林业科技, 2004, 31(5): 19-21.
- [5] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [6] 潘翠萍, 谢红江, 王永清, 等. 6个枇杷品种对低温胁迫的生理响应及抗寒性评价[J]. 热带作物学报, 2019, 40(12): 2369-2374.
- [7] 殷方鹏. 缓解草莓幼苗低温伤害的物质组合的筛选和验证[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
- [8] 刘贝贝, 陈利娜, 李好先, 等. 果树响应低温胁迫的分子机制及抗寒性鉴定方法研究进展[J]. 北方园艺, 2017(15): 174-179.
- [9] 郭亚男, 李仕裕, 木楠, 等. 4种珍稀濒危植物的半致死温度研究[J]. 林业与环境科学, 2016, 32(6): 20-24.
- [10] 李婷, 梁机, 谢乐, 等. 低温胁迫对厚荚相思不同家系抗寒生理生化特征的影响[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(2): 6-9.
- [11] 邵文鹏, 赵兰勇, 吴殿鸣, 等. 用电导法配合Logistic方程鉴定桉树的抗寒性[J]. 山东林业科技, 2009, 39(1): 28-29.
- [12] 房义福, 吴晓星, 李长贵, 等. 电导法对11种常绿阔叶树种抗寒性的测定[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(12): 11-12.
- [13] 薛建辉, 苏敬, 刘金根, 等. 5个常绿阔叶园林树种对低温变化的生理响应[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2009, 33(4): 38-42.
- [14] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 84-90.
- [15] 陈根辉, 黄华孙, 安泽伟. 橡胶树不同品种幼苗抗寒生理指标研究初报[J]. 热带农业科技, 2008(2): 1-3.
- [16] 杨爱国, 王漫, 付志祥, 等. 电导法协同Logistic方程测定不同品种桑树抗寒性[J]. 湖南林业科技, 2018, 45(1): 28-31, 59.
- [17] 李瑞雪, 金晓玲, 胡希军, 等. 低温胁迫下6种木兰科植物的生理响应及抗寒相关基因差异表达[J]. 生态学报, 2019, 39(8): 2883-2898.