

四种园林树木抗寒性的比较分析

缴丽莉¹ 路丙社^{1*} 白志英¹ 孟庆瑞¹ 甄红伟²

(¹河北农业大学园林与旅游学院, 河北保定 071000; ²河北农业大学西陵林场, 河北易县 074200)

摘要:以灯台树、复叶槭、流苏和山桐子幼树 1 年生休眠枝条为材料, 研究了不同冷冻处理条件下枝条的相对电导率和钾离子 (K^+) 相对渗出率, 利用 Logistic 方程计算了各树种的半致死温度 (LT_{50}), 并通过苗木生长恢复试验进行了验证。结果表明: 山桐子、复叶槭、流苏和灯台树 4 种枝条的相对电导率和 K^+ 相对渗出率均随处理温度的降低而呈“S”形上升, 其枝条的 LT_{50} 分别为 -11.5、-24.9、-20.7 和 -29.8; 其抗寒性顺序依次为: 灯台树 > 复叶槭 > 流苏 > 山桐子, 与枝条恢复生长的试验结果基本一致。

关键词: 灯台树; 复叶槭; 流苏; 山桐子; 相对电导率; 钾离子相对外渗率; 半致死温度 (LT_{50})

中图分类号: S 68 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 03-0667-04

The Comparison of Cold Resistance of Four Gardening Young Trees

Jiao Lili¹, Lu Bingshe^{1*}, Bai Zhiying¹, Meng Qingrui¹, and Zhen Hongwei²

(¹College of Landscape and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China; ²Forestry Station, Agricultural University of Hebei, Yixian, Hebei 074200, China)

Abstract: Regarding the relative electric conductivity and relative leakage of K^+ as a physiological indicator for the cold resistance of one-year dormant shoots of four gardening young trees, the curves of relative electric conductivity and relative leakage of K^+ by different temperature treatments were represented using Logistic equation. The results showed that the relative electric conductivity and the relative leakage of K^+ increased as S-curves with the decreased of temperature. According to these S-shaped curves and the Logistic equation, it could be calculated the semi-lethal temperature (LT_{50}) of four sticks of *Idesia polycarpa*, *Acer negundo*, *Chionanthus retusus* and *Comus controversa*, which was -11.5, -24.9, -20.7 and -29.8 respectively. Among the four species, the cold resistance of *Comus controversa* stick was the strongest, followed by *Acer negundo*, *Chionanthus retusus* and *Idesia polycarpa*.

Key words: *Comus controversa*; *Acer negundo*; *Chionanthus retusus*; *Idesia polycarpa*; Relative electric conductivity; Relative leakage of K^+ ; Semi-lethal temperature (LT_{50})

1 目的、材料与方法

相对电导率、 K^+ 相对渗出率等生理指标是鉴定植物抗寒性的有效方法, 尤其结合 Logistic 曲线方程推导半致死温度更能准确地反映植物所耐受的低温极限, 在植物抗寒性研究中已广泛应用^[1-4]。山桐子 (*Idesia polycarpa*)、复叶槭 (*Acer negundo*)、流苏 (*Chionanthus retusus*) 和灯台树 (*Comus controversa*) 是极具应用前景的园林树木, 近年来许多地区开始引种栽培。作者在引种栽培中发现, 部分幼苗存在枝条枯死、越冬困难等问题, 而目前有关其抗寒性的研究尚未见报道。为此, 作者以 4 种苗木 1 年生休眠枝条为材料, 研究了不同冷冻处理条件下枝条的相对电导率和 K^+ 相对渗出率, 结合 Logistic 方程计算了各树种的半致死温度, 并对 4 种树木抗寒性进行了比较, 为苗木繁育和园林应用

收稿日期: 2005-08-19; 修回日期: 2005-12-01

基金项目: 河北省林业局资助项目 (0406260)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: lubingshe@126.com)

提供理论依据和有益参考。

供试材料为山桐子、复叶槭、流苏和灯台树 3年生苗木 1年生枝条,均采自河北农业大学西陵实验林场。

冷冻处理:选取生长一致的 1年生休眠枝条中段,剪成 15 cm枝段,洗净擦干,分 7组装入聚乙烯袋中,置于低温冰柜(海尔, BD-255LTB)中分别以每 1 h降低 2.5 的速度降温到设定温度(-5、-10、-15、-20、-25和-30),冷冻处理 24 h。以 5℃冰箱中保存的枝条为对照(CK)。每处理各种枝条 30段,3次重复。

相对电导率测定:将冷冻后枝条剪成 2 cm小段,称质量后按每克材料加 10 mL无离子水于三角瓶中,真空渗入 10 min,静置 16 h后用 DDS-1A型电导仪测定电导值;之后将三角瓶封口放入 98℃烘箱 1.5 h,取出静置 14 h后测定总电导值,并以此作为终电导值计算相对电导率。相对电导率(%) = 初电导率 / 终电导率 × 100。

K⁺相对渗出率测定:取上述各处理的电解质外渗液,在日立 Z-5300型原子吸收仪测定煮沸前后的 K⁺浓度,计算 K⁺相对渗出率。K⁺相对渗出率(%) = 煮沸前的 K⁺ / 煮沸后的 K⁺ × 100。

恢复生长试验:将冷冻后的枝段各 20段,在 25℃条件下水培 15 d。每天调查发芽枝数和累计发芽数。待发芽数恒定后,计算存活枝和芽的百分率。

数据分析:用 SAS软件对数据进行处理。按 Rajashrekar等^[5]的方法将相对电导率、K⁺相对渗出率分别拟合成 Logistic曲线方程:

$$y = k / (1 + ae^{-bt}) \quad (1)$$

(1) 式中 y为相对电导率或 K⁺相对渗出率; t为温度梯度; k为常数,为极限相对电导率或 K⁺相对渗出率,在这里为 100; a和 b为待定参数。

对 (1) 式求二阶、三阶导数,并令其为零,得下式:

$$t = (\ln a) / b \quad (2)$$

$$t_1 = (\ln a / 3.7321) / b \quad (3)$$

$$t_2 = (\ln a / 0.2680) / b \quad (4)$$

(2) 式为相对电导率或 K⁺相对渗出率随温度下降而增加最快时的温度,即 LT₅₀ (或组织崩溃点)。

(3)、(4) 式为相对电导率或 K⁺相对渗出率变化最大的两个点,即对植物电导率或 K⁺渗出率影响最大的温度区间,其中 t₁为组织损伤严重的起始温度, t₂为组织细胞膜接近全透性时的温度,它们代表 S型曲线的两个拐点。

2 结果分析与讨论

2.1 冷冻处理对相对电导率的影响

冷冻处理后 4种树木枝条的相对电导率随处理温度的降低均呈“S”形上升趋势(图 1),其中,山桐子的上升幅度最大,灯台树的上升幅度较小。一般认为,相对电导率达到 50%时的温度可以作为枝条的半致死温度^[1]。由图 1可以看出,山桐子、复叶槭和流苏枝条在 -10、-30和-25 时的相对电导率分别为 53.62%、72.72%和 73.08%,均超过了 50%;而灯台树在 -30 时的相对电导率为 44.64%,接近 50%,说明山桐子、复叶槭、流苏和灯台树的半致死温度分别约为 -10、-30、-25和 -30。

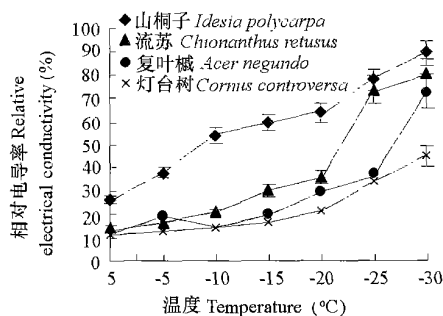


图 1 不同温度处理对相对电导率的影响

Fig 1 The effects of low-temperature treatments on relative electrical conductivity of sticks from four trees

为进一步准确判断 4 种树木半致死温度, 利用枝条相对电导率结合 Logistic 方程对各枝条的重要温度点进行了拟合。结果表明, 山桐子、复叶槭、流苏和灯台树的组织损伤起始温度分别为 3.1、-11.3、-8.4 和 -14.4; 组织细胞膜接近全透性时的温度分别为 -24.3、-43.5、-31.7 和 -54.9; 组织细胞的半致死温度分别为 -10.5、-27.4、-20.1 和 -34.7。

2.2 冷冻处理对 K^+ 相对渗出率的影响

冷冻处理后各枝条 K^+ 相对渗出率的变化趋势与相对电导率的变化模式基本一致 (图 2)。山桐子、复叶槭、流苏和灯台树 K^+ 相对渗出率大幅度上升的温度分别为 -10、-25、-20 和 -30。配合 Logistic 方程拟合的重要温度结果表明, 山桐子、复叶槭、流苏和灯台树组织损伤的起始温度分别为 3.1、-8.0、-5.3 和 -10.7; 组织细胞膜接近全透性时的温度分别为 -25.9、-41.8、-36.1 和 -48.9; 组织的半致死温度分别为 -11.5、-24.9、-20.7 和 -29.8。

2.3 冷冻处理对枝条恢复生长的影响

由表 1 可以看出, 经过冷冻处理后, 各苗木枝条均受到不同程度的伤害, 枝条发芽率降低。山桐子、复叶槭、流苏和灯台树 4 种枝条的成活率接近或高于 50% 的冷冻处理温度分别为 -10、-25、-20 和 -30, 说明低于此温度就会对枝条造成严重伤害。而山桐子、复叶槭、流苏和灯台树 4 种枝条萌芽率低于或接近 50% 的处理温度分别为 -5、-20、-25 和 -30, 说明造成山桐子、复叶槭、流苏和灯台树 4 种苗木叶芽伤害的温度分别为 -5、-20、-25 和 -30。比较叶芽和枝条伤害的重要温度可知, 造成山桐子、复叶槭、流苏苗木的叶芽严重伤害的温度均高于枝条严重伤害的温度, 说明苗木叶芽较枝条对低温的伤害更敏感。

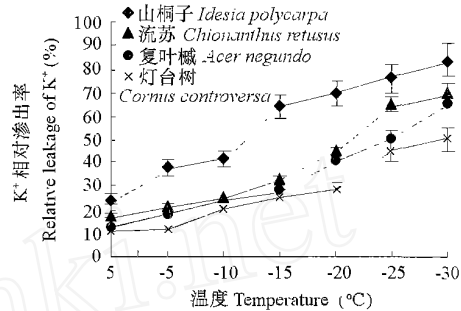


图 2 不同温度处理对 K^+ 相对渗出率的影响

Fig. 2 The effects of low-temperature treatments on relative leakage of K^+ in sticks from four trees

表 1 冷冻处理后枝条恢复生长情况

Table 1 The effect of freezing treatment on stick and bud survival rate

(%)

处理 Treatment ()	山桐子 <i>Idesia polycarpa</i>		复叶槭 <i>Acer negundo</i>		流苏 <i>Chionanthus retusus</i>		灯台树 <i>Cornus controversa</i>	
	枝条存活率 Survival rate	芽萌发率 Shooting rate	枝条存活率 Survival rate	芽萌发率 Shooting rate	枝条存活率 Survival rate	芽萌发率 Shooting rate	枝条存活率 Survival rate	芽萌发率 Shooting rate
5	97.8	72.5	100	81.1	100	84.6	100	87.5
-5	70.9	31.5	97.6	76.9	93.2	69.2	100	85.7
-10	54.6	14.6	87.3	72.7	83.6	61.5	98.5	75.0
-15	39.9	0	77.2	62.5	67.9	54.5	89.7	71.4
-20	9.8	0	69.8	49.7	52.4	23.1	79.9	69.9
-25	0	0	50.7	38.5	31.4	10.1	68.4	58.3
-30	0	0	39.9	19.4	19.6	0	50.1	34.3

枝条上的芽是植物对冻害最敏感的部位, 用芽受冻后是否存活来评价树木伤害程度是最直接和有效的方法^[6]。相关分析结果 (表 2) 表明: 山桐子相对电导率和 K^+ 相对渗出率均与芽萌发率呈显著负相关, 而复叶槭、流苏、灯台树的相对电导率和 K^+ 相对渗出率均与芽萌发率呈极显著负相关, 说明相对电导率和 K^+ 相对渗出率均可作为 4 种树木抗寒性指标; 但 4 种苗木 K^+ 相对渗出率与芽萌发率的相关系数更高, 说明用 K^+ 相

表 2 相对电导率 (e) K^+ 相对渗出率 (K^+)、芽萌发率 (S) 的相关性分析

Table 2 Analysis of correlation of relative electrical conductivity (e), relative leakage of K^+ (K^+) and shooting rate (S)

树种 Tree species		e	K^+
山桐子 <i>I. polycarpa</i>	K^+	0.962**	
	S	-0.851**	-0.872*
复叶槭 <i>A. negundo</i>	K^+	0.926**	
	S	-0.932**	-0.977**
流苏 <i>C. retusus</i>	K^+	0.988**	
	S	-0.934**	-0.977**
灯台树 <i>C. controversa</i>	K^+	0.962**	
	S	-0.956**	-0.968**

对渗出率来评价苗木抗寒性更准确、可靠。

综合上述试验结果可知, 参试 4 种苗木中, 灯台树抗寒性最强, 山桐子抗寒性最差, 其抗寒性顺序为: 灯台树 > 复叶槭 > 流苏 > 山桐子。从各苗木低温半致死温度结果来看, 山桐子高于流苏, 复叶槭和灯台树低于流苏, 而流苏为华北乡土树种, 在华北地区不采取保护措施可正常越冬, 说明复叶槭和灯台树在华北地区可正常越冬, 而山桐子应采取保护措施, 与田间观测的越冬表现相吻合。结合 K^+ 相对渗出率利用 Logistic 方程计算的, 山桐子枝条组织受害的起始温度为 3°C , 因此, 在气温下降到 3°C 以前应采取防寒措施加以保护。

参考文献:

- 王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用. 植物生理学通讯, 1987 (3): 49~55
Wang R F. The kinds of plant hardiness criteria and their application. Plant Physiology Communications, 1987 (3): 49~55 (in Chinese)
- 沈 漫. 常春藤质膜透性和内源激素与抗寒性关系初探. 园艺学报, 2005, 32 (1): 141~144
Shen M. Preliminary study on the relations between membrane permeability, endogenous hormones and cold resistance of ivy. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (1): 141~144 (in Chinese)
- 徐 康, 夏宜平, 徐碧玉, 林 田, 杨 霞. 以电导法配合 Logistic 方程确定茶梅 ‘小玫瑰’ 的抗寒性. 园艺学报, 2005, 32 (1): 148~150
Xu K, Xia Y P, Xu B Y, Lin T, Yang X. Measurement of cold tolerance based on REC and the logistic equation in *Camellia himalis* ‘Shishi Gashira’. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (1): 148~150 (in Chinese)
- 杨敏生, 裴保华, 程志鹏. 白杨杂种无性系抗寒性生理指标动态分析. 植物生态学报, 1997, 21 (4): 367~375
Yang M S, Pei B H, Cheng Z P. Physiologic indexes of cold resistance in hybrid white poplar clones. Acta Phytocologica Sinica, 1997, 21 (4): 367~375 (in Chinese)
- Rajashekar C, Gusta L V, Burke M J. Membrane structural transition: probable relation to frost damage in hardy Heibaceous species. In: Lysons J M, Graham D, Raison J K eds. Low temperature stress in crop plants the role of membrane. New York: Academic Press, 1979. 255~274
- 白志英, 路丙社, 李春友, 杨敏生, 赵志学. 三种阿月浑子砧木抗寒性比较研究. 河北农业大学学报, 2004, 27 (2): 38~41
Bai Z Y, Lu B S, Li C Y, Yang M S, Zhao Z X. The study on freezing resistance of three pistachio rootstock. Journal of Agricultural University of Hebei, 2004, 27 (2): 38~41 (in Chinese)

(上接 648 页)

CNKI 数据库 《园艺学报》高被引频次论文排序

(截至 2006 年 6 月, 排名前 100 位)

序号	被引文献题名	被引文献作者	被引文献来源	被引频次
87	葡萄果实始熟机理的研究——缓慢生长期外施激素和环剥的效应	张大鹏, 许雪峰, 张子连, 贾文锁	园艺学报 /1997/01	41
88	猕猴桃果实发育中内源激素水平变化的研究	陶汉之, 高丽萍, 陈佩璐, 程茱萸, 程素贞	园艺学报 /1994/01	40
89	猕猴桃总淀粉酶活性与果实软化的关系	王贵禧, 韩雅珊, 于梁	园艺学报 /1994/04	40
90	黄瓜幼苗低温锻炼对叶片细胞叶绿体结构的影响	王毅, 方秀娟, 徐欣, 刘立新	园艺学报 /1995/03	40
91	GA_3 和乙烯利对杏果实采后活性氧代谢的影响	史国安, 郭香凤, 张益民, 王淑芳	园艺学报 /1997/01	39
92	大白菜异源胞质雄性不育系 CMS3411-7 的选育及应用	柯桂兰, 赵雅雅, 宋胭脂, 张鲁刚, 赵利民	园艺学报 /1992/04	39
93	鸭梨果实气调贮藏的研究	陈昆松, 于梁, 周山涛	园艺学报 /1991/02	39
94	利用乙烯抑制剂 AgNO_3 建立大白菜高频植株再生体系	张松, 魏毓棠, 温孚江, 傅连海	园艺学报 /1997/01	39
95	弱光处理对黄瓜叶绿体超微结构的影响	沈文云, 马德华, 侯锋, 吕淑珍, 霍振荣	园艺学报 /1995/04	38
96	番茄育种研究主要进展——文献综述	杜永臣, 严淮, 王孝宣, 李树德, 朱德蔚	园艺学报 /1999/03	38
97	SO_2 对贮藏龙眼果皮酶促褐变的影响	吴振先, 韩冬梅, 季作梁, 陈维信	园艺学报 /1999/02	38
98	草莓主栽品种再生和转化的研究	张志宏, 吴禄平, 代红艳, 王国英, 赵天永, 毕晓颖, 杜国栋	园艺学报 /2001/03	38
99	柑桔原生质体分离及再生植株的研究	邓秀新, 章文才, 万蜀渊	园艺学报 /1988/02	38
100	果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和絮败中的作用	茅林春, 张上隆	园艺学报 /2001/02	38