

黄连木和黄山栎树的抗寒性*

冯献宾 董倩 李旭新 路丙社**

(河北农业大学园林与旅游学院, 河北保定 071001)

摘要 以黄连木和黄山栎树当年生休眠枝条为试材,以北方乡土树种栎树为对照,采用人工冷冻的方法,研究了3种树木枝条膜脂过氧化作用、抗氧化酶活性和有机渗透调节物质的变化,分析其抗寒能力的差异.结果表明:随着温度的降低,3种树木的电解质外渗率呈“S”型上升,SOD和POD活性均先升后降;黄山栎树和栎树的MDA、可溶性蛋白和可溶性糖含量均先上升后下降,而黄连木则呈逐渐上升的趋势;利用电解质外渗率结合Logistic方程推算的栎树、黄山栎树和黄连木的低温半致死温度(LT₅₀)分别为-27.2℃、-23.7℃和-27.0℃.3种树木的抗寒性强弱顺序为:栎树>黄连木>黄山栎树.

关键词 黄连木 栎树 黄山栎树 半致死温度 抗寒性

文章编号 1001-9332(2011)05-1141-06 **中图分类号** Q948; S687 **文献标识码** A

Cold resistance of *Pistacia chinensis* and *Koelreuteria integrifoliola*. FENG Xian-bin, DONG Qian, LI Xu-xin, LU Bing-she (College of Landscape and Tourism, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, Hebei, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2011, 22(5): 1141-1146.

Abstract: Taking one-year-old dormant shoots of *Pistacia chinensis* and *Koelreuteria integrifoliola* as test materials and the shoots of northern indigenous tree species *K. paniculata* as the control, the changes of their membrane-lipid peroxidation, antioxidative enzyme activity, and organic osmoregulatory substance content under artificial cooling were studied, aimed to analyze the differences of the three tree species in cold resistance. With the decrease of temperature, the ion leakage percentage of the three tree species increased in S-shape, and the SOD and POD activities decreased after an initial increase. The MDA, soluble protein, and soluble sugar contents of *K. integrifoliola* and *K. paniculata* under decreasing temperature decreased after an initial increase, while those of *P. chinensis* had an increasing trend. The semi-lethal temperature (LT₅₀) of *K. paniculata*, *K. integrifoliola*, and *P. chinensis* calculated by the Logistic equation of ion leakage percentage was -27.2℃, -23.7℃, and -27.0℃, respectively. Among the three tree species, *K. paniculata* had the strongest cold resistance, followed by *P. chinensis*, and *K. integrifoliola*.

Key words: *Pistacia chinensis*; *Koelreuteria paniculata*; *K. integrifoliola*; semi-lethal temperature; cold resistance.

低温是限制植物分布和园林应用的重要环境因子.采用人工冷冻处理测定植物抗寒生理指标的变化来揭示和研究植物的抗寒性是目前较为常用的研究方法,并已在果树和林木抗寒性研究中广泛应用^[1-4].

黄连木(*Pistacia chinensis*)为太行山区造林的先锋树种,因其嫩叶及秋后老叶红艳如霞,近年来应用于华北地区的园林绿化中;黄山栎树(*Koelreuteria*

integrifoliola)是秋季观花观果的优良树种,主要分布于长江以南地区,在河北保定地区的园林中也有栽植,但其越冬过程中存在不同程度的冻害.目前有关黄山栎树和黄连木的研究大都集中在苗木繁育、资源利用等^[5-6]方面,有关其抗寒性及相关生理指标的研究鲜见报道.本研究以黄连木和黄山栎树为试材,以北方乡土树种栎树(*K. paniculata*)为对照,采用人工冷冻的方法对其抗寒性进行了研究,以期黄连木和黄山栎树在北方地区的栽培管理和园林应用提供理论依据.

* 河北省自然科学基金项目(C2008000296)资助.

** 通讯作者. E-mail: lubingshe@hebau.edu.cn

2010-11-10 收稿,2011-02-26 接受.

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于2009年12月上旬在河北农业大学园林与旅游学院中心实验室进行. 供试材料为栾树、黄山栾树和黄连木当年生休眠枝条, 均采自河北农业大学园林与旅游学院苗圃.

采集长势一致的当年生枝条, 用自来水洗净, 去离子水冲洗4~5次后用滤纸吸干水分, 剪成15~20 cm长的枝段, 两端封蜡后分6组装入聚乙烯膜中, 然后置于低温冰柜进行冷冻处理; 分别以每1 h降低2.5 °C的速度降温到设定温度(-10 °C、-15 °C、-20 °C、-25 °C、-30 °C)后冷冻处理24 h; 低温处理结束后, 将样品放置于4 °C的冰箱内解冻12 h后取出, 于室温下(14 °C~16 °C)恢复12 h后进行生理指标测定. 以4 °C冰箱中保存的枝条为对照(CK). 每个处理枝条15段, 3次重复.

1.2 测定方法

1.2.1 电解质外渗率的测定及半致死温度计算 电解质外渗率的测定参考文献[7]的方法. 参照 Rajashekar 等^[8]的方法将电解质外渗率拟合成 Logistic 曲线方程:

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

式中: y 为电解质外渗率; t 为温度梯度; k 为极限电解质外渗率, 为100%; a 和 b 为待定系数.

对式(1)求二阶、三阶导数, 并令其为0, 得式(2)、(3):

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

$$t_1 = 1/b \times \ln(a/3.7321) \quad (3)$$

$$t_2 = 1/b \times \ln(a/0.2680)$$

式中: t 为电解质外渗率增加最快时的温度, 即半致死温度(LT₅₀), 或组织崩溃点; t_1 为组织损伤严重的起始温度, t_2 为组织细胞膜接近全透性时的温度, 二者代表S型曲线的两个拐点, 两个拐点之外, 电解质外渗率受温度影响较小.

1.2.2 生理生化指标的测定 酶液制备时, 取经冷冻处理后的枝条, 用刀片刮下皮, 剪碎并混合均匀, 称取0.5 g置于冰浴的研钵中, 加入5 mL预冷的150 mmol·L⁻¹ PBS (pH 7.8), 冰浴研磨, 用 Sigma D-37520台式高速冷冻离心机(德国, Sigma公司)在4 °C下离心(10000 r·min⁻¹)20 min, 取上清液用于SOD、POD、MDA和可溶性蛋白含量测定. SOD活性测定采用NBT光还原法; POD活性测定采用愈创木酚法; MDA含量测定采用TBA法; 可溶性蛋白含量

测定采用考马斯亮蓝G-250染色法; 可溶性糖含量的测定采用蒽酮法^[9].

1.3 数据处理

采用Excel 2003和DPS软件进行数据分析, 采用单因素方差分析和Duncan新复极差法进行显著性检验.

2 结果与分析

2.1 低温胁迫下黄连木和黄山栾树枝条电解质外渗率的变化

由图1可以看出, 低温胁迫下, 3种树木枝条电解质外渗率均随胁迫温度的降低而增大, 其中, 黄山栾树上升幅度最大, 黄连木升幅最小. -15 °C之前, 3种树木电解质外渗率差异较小; -20 °C时, 枝条电解质外渗率均快速增加; 至-25 °C时, 栾树、黄山栾树和黄连木电解质外渗率分别比各自对照增加了210.6%、263.0%和182.4% ($P < 0.05$).

通常, 电解质外渗率达50%时的半致死温度是推断植物抗寒性的常用指标. 由图1可以看出, 栾树、黄山栾树和黄连木的半致死温度分别约为-30 °C、-25 °C和-30 °C. 利用电解质外渗率结合 Logistic 方程进行拟合, 结果表明, 栾树、黄山栾树和黄连木的LT₅₀分别为-27.2 °C、-23.7 °C和-27.0 °C, 组织损伤起始温度分别为-14.9 °C、-11.7 °C和-12.4 °C, 组织细胞膜接近全透性时的温度分别为-39.5 °C、-35.5 °C和-41.3 °C(表1). 因此, 3种树木的抗寒性强弱顺序为: 栾树>黄连木>黄山栾树.

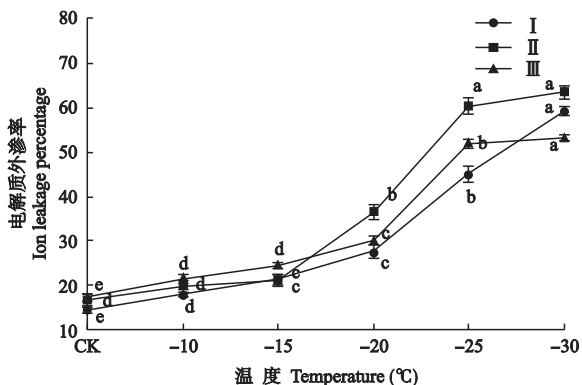


图1 低温处理下枝条电解质外渗率的变化

Fig. 1 Variations of ion leakage percentage of twigs under low temperature treatments.

I: 栾树 *Koelreuteria paniculata*; II: 黄山栾树 *K. integrifoliola*; III: 黄连木 *Pistacia chinensis*. 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters indicated significant difference at 0.05 levels. 下同 The same below.

表 1 低温处理下枝条电解质外渗率 Logistic 方程参数和重要温度

Table 1 Parameters of Logistic function and important temperature for ion leakage percentage of twigs under low temperature treatments

物种 Species	Logistic 方程参数 Parameter for Logistic function			曲线拟合度 Curve estimation		重要温度 Important temperature (°C)		
	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>t</i> ₁	LT ₅₀	<i>t</i> ₂
栾树 <i>K. paniculata</i>	1	2.9200	-0.1072	0.9837	<0.01	-14.9	-27.2	-39.5
黄山栾树 <i>K. integrifoliola</i>	1	2.6155	-0.1106	0.9760	<0.01	-11.7	-23.7	-35.5
黄连木 <i>P. chinensis</i>	1	2.4570	-0.0910	0.9707	<0.01	-12.4	-27.0	-41.3

2.2 低温胁迫下黄连木和黄山栾树枝条的抗氧化酶活性

由图 2 可以看出,随着温度的降低,3 种树木枝条的 SOD 和 POD 活性总体均呈先上升后下降的趋势。其中,栾树和黄连木的 SOD 和 POD 活性均在 -20 °C 时达到最高值,分别比对照增加了 30.1%、12.6% 和 97.5%、17.0%;黄山栾树的 SOD 和 POD 活性在 -15 °C 时达到最高值,分别比对照增加了 27.5% 和 33.0% ($P < 0.05$)。

各处理中,黄连木 SOD 活性最高,栾树次之,黄山栾树相对较低;栾树 POD 活性最高,其次为黄山栾树,黄连木最低。栾树、黄山栾树和黄连木的 SOD 活性与 POD 活性的相关系数分别为 0.92、0.85 和 0.81,均达到显著水平 ($P < 0.05$)。

2.3 低温胁迫下黄连木和黄山栾树枝条的 MDA 含量

由图 3 可以看出,随着温度的降低,栾树和黄山

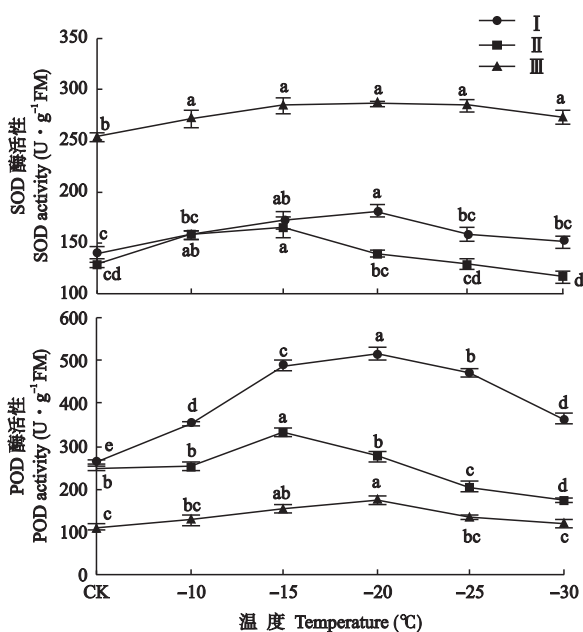


图 2 低温处理下枝条 SOD 和 POD 活性的变化
Fig. 2 Variations of SOD and POD activities of twigs under low temperature treatments.

栾树枝条的 MDA 含量呈现先上升后下降的趋势,在 -15 °C 时达最大值,分别比对照增加 60.4% 和 23.4%;随后快速下降,在 -30 °C 时均显著降低,分别为最大值的 68.1% 和 62.3%;黄连木的 MDA 含量呈现逐渐上升的趋势,在 -30 °C 比对照增加 26.8%。随着温度的降低,黄山栾树的 MDA 含量变化幅度最大,其次为栾树,黄连木最小。

2.4 低温胁迫下黄连木和黄山栾树枝条的有机渗透调节物质

由图 4 可以看出,随温度的降低,栾树和黄山栾树可溶性糖含量均呈先上升后下降的趋势,而且黄山栾树的变化幅度较为明显。-20 °C 之前,黄山栾树可溶性糖含量高于栾树,-25 °C 时,黄山栾树可溶性糖含量显著下降,-30 °C 时下降为最大值的 35.4%;黄连木可溶性糖含量呈现逐渐升高的趋势,-30 °C 时可溶性糖含量较对照增加了 27.8% ($P < 0.05$)。

随着温度的降低,栾树和黄山栾树的可溶性蛋白含量先上升,-20 °C 时达到最大值,然后呈下降趋势。低温处理后两种树木的可溶性蛋白含量均高于对照。黄连木可溶性蛋白含量的变化呈现逐渐上升的趋势,-30 °C 时可溶性蛋白含量比对照升高 34.2% ($P < 0.05$)。各温度梯度下黄连木可溶性蛋白

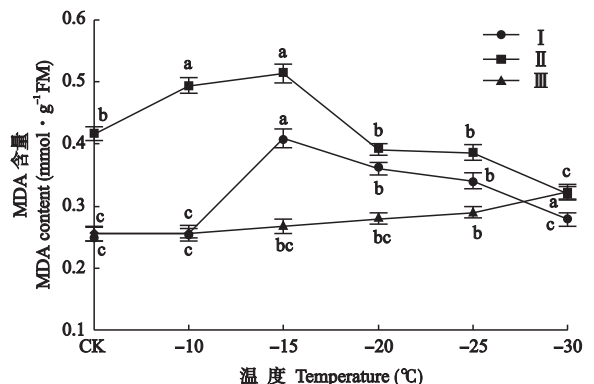


图 3 低温处理下枝条 MDA 含量的变化
Fig. 3 Variations of MDA content of twigs under low temperature treatments.

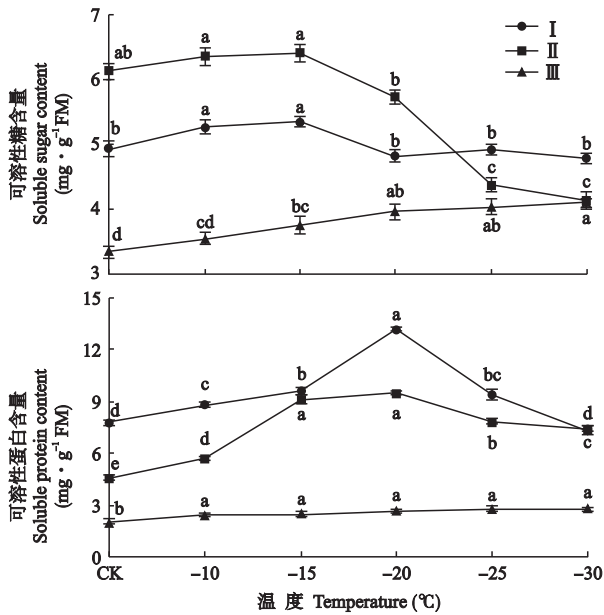


图4 低温处理下枝条可溶性糖和可溶性蛋白含量的变化
Fig. 4 Variations of soluble sugar and soluble protein contents of twigs under low temperature treatments.

含量均显著高于对照,但各温度梯度之间无显著差异。

3 讨论

3.1 低温胁迫对黄连木和黄山栎树电解质外渗率的影响

低温伤害主要表现在细胞膜透性增加和电解质外渗率增大,而电解质外渗率是评价植物低温伤害的重要指标^[10-13]。本试验结果表明,随着处理温度的下降,3种树木电解质外渗率呈“S”型曲线上升的趋势,这与前人对佛手^[14]和杨树^[15]的研究结果一致。-20℃~-25℃时,黄山栎树的变化幅度最大,黄连木次之,栎树最小,表明该低温下黄山栎树细胞膜破坏程度最重,这与本试验利用 Logistic 方程计算的低温半致死温度结果相吻合。

3.2 低温胁迫对黄连木和黄山栎树 SOD、POD 的影响

SOD 和 POD 为植物保护酶系统的重要组成部分,其含量和活性与植物抗寒性有密切关系^[16-17]。SOD 可清除超氧自由基产生的歧化产物 H₂O₂,POD 可酶促降解 H₂O₂^[18]。本试验中,栎树、黄山栎树和黄连木的 SOD 与 POD 活性的相关性较好,说明二者存在密切的互作关系。这与前人在仁用杏^[19]和榔柳^[20]上的研究结果一致。

3.3 低温胁迫对黄连木和黄山栎树 MDA 含量的影

响

MDA 是膜脂氧化的主要产物,其含量变化是质膜损伤程度的重要标志之一^[21-23]。本试验中,3种树木的 MDA 含量随处理温度的降低而增加,这表明低温胁迫时发生了膜脂过氧化作用。-10℃~-15℃时 MDA 含量升高,可能是细胞尚未完全启动应激反应而造成 MDA 堆积;之后含量降低,可能是过低的温度导致细胞生化平衡系统的紊乱。这与在大叶相思^[24]、巴旦杏^[25]和廊坊杨^[26]上的研究结果一致。黄连木 MDA 含量变化与电解质外渗率呈显著正相关,说明其能反映枝条细胞受伤害的程度^[27-28]。

3.4 低温胁迫对黄连木和黄山栎树可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响

可溶性糖和可溶性蛋白是植物体内重要的渗透调节物,逆境条件下,植物可通过渗透调节作用减轻伤害^[29-30]。本试验中,栎树和黄山栎树枝条的可溶性蛋白和可溶性糖含量均呈现上升趋势,表明栎树、黄山栎树可通过提高可溶性蛋白和可溶性糖含量来增强抗冻能力;随着胁迫温度进一步降低,可溶性蛋白和可溶性糖含量呈下降趋势,调节能力降低,与崔红等^[31]对牡丹的研究结果一致。低温胁迫下,黄连木枝条可溶性蛋白和可溶性糖含量与电解质外渗率均呈显著正相关($R^2=0.92$, $R^2=0.85$),表明在低温胁迫下,可溶性糖和可溶性蛋白发挥着渗透调节作用。

栎树是北方乡土园林树种,其低温半致死温度为-27.2℃,在保定地区能够正常越冬。黄山栎树和黄连木1年生枝条起始受害温度分别为-11.7℃和-12.4℃,其低温半致死温度分别为-23.7℃和-27.0℃;黄连木低温半致死温度与栎树的半致死温度-27.2℃接近。这说明黄连木可作为园林树种栽植于保定地区,但在温度下降到-12.4℃(组织损伤起始温度)之前,需要采取一定的防护措施。

参考文献

- [1] Yang C-X (杨春祥), Li X-L (李宪利), Gao D-S (高东升), et al. Effects of chilling stress on membrane lipid peroxidation and activities of protective enzymes in nectarine flower organs. *Journal of Fruit Science* (果树学报), 2005, 22(1): 69-71 (in Chinese)
- [2] Han Y-H (韩玉虎), Wang Y (王勇), Cheng H (程慧), et al. Assay on electrolyte leakage rate of walnut shoots of Jinboxiang series. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica* (华北农学报), 2007, 22(1): 56-58

- (in Chinese)
- [3] Liu D-L (刘大林). Changes in physiology and biochemistry of guava leaves under low-temperature stress. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2003, **39** (suppl.): 38–41 (in Chinese)
- [4] Li J-C (李俊才), Liu C (刘成), Wang J-Z (王家珍), et al. Study on the semi-lethal temperatures for European pear cultivars. *Journal of Fruit Science* (果树学报), 2007, **24**(4): 529–532 (in Chinese)
- [5] Li X (李馨), Jiang W-B (姜卫兵), Weng M-L (翁忙玲). Landscape characters of *Koelreuteria* tree species and their exploitation and application. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (中国农学通报), 2009, **25**(1): 141–146 (in Chinese)
- [6] Li Z-J (李在军), Leng P-S (冷平生), Cong Z-F (丛者福). The physiological response of *Pistacia chinensis* Bunge to drought stress. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境学报), 2006, **15**(3): 47–50 (in Chinese)
- [7] Jiao L-L (缴丽莉), Lu B-S (路丙社), Bai Z-Y (白志英), et al. The Comparison of cold resistance of four gardening young trees. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2006, **33**(3): 667–670 (in Chinese)
- [8] Rajashekar C, Gusta LV, Burke MJ. Membrane structural transition probable relation to frost damage in hardy herbaceous species// Lysons JM, ed. *Low Temperature Stress in Crop Plants the Role of Membrane*. New York: Academic Press, 1979: 255–274
- [9] Li H-S (李合生). *The Experimental Principal and Measurement of Plant Physiology and Chemistry*. Beijing: Higher Education Press, 2003 (in Chinese)
- [10] Wang W-J (王文举), Zhang Y-H (张亚红), Niu J-F (牛锦凤), et al. Study on cold tolerance of table grape cultivars by measuring the conductivity. *Journal of Fruit Science* (果树学报), 2007, **24**(1): 34–37 (in Chinese)
- [11] Liu F (刘峰), Zhang J (张军), Zhang W-J (张文吉). Physiological mechanism of rice seedlings in low temperature and damping-off disease resistance induced by calcium application into soil. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2004, **15**(5): 763–766 (in Chinese)
- [12] Yang M-S (杨敏生), Wang C-H (王春花), Pei B-H (裴保华). Cold resistance of hybrid clone of white poplar. *Journal of Northeast Forestry University* (东北林业大学学报), 1997, **25**(4): 20–23 (in Chinese)
- [13] Wang Y-H (王永红), Li J-Y (李纪元), Tian M (田敏), et al. Influences of low temperature stress on *Camellia* species' two physiological index related to resistance to coldness. *Forest Research* (林业科学研究), 2006, **19**(1): 121–124 (in Chinese)
- [14] Guo W-D (郭卫东), Zhang Z-Z (张真真), Jiang X-W (蒋小韦), et al. Semi-lethal temperature of fingered citron (*Citrus medica* var. *sarcodactylis* Swingle) under low temperature stress and evaluation on their cold resistance. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2009, **36**(1): 81–86 (in Chinese)
- [15] Shi Q-H (史清华), Gao J-S (高建社), Wang J (王军), et al. Determination and evaluation of cold resistance of 5 poplar clones. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2003, **23**(11): 1937–1941 (in Chinese)
- [16] Ederli L, Reale L, Ferranti F, et al. Responses induced by high consent ration of cadmium in *Phragmites australis* roots. *Physiologia Plantarum*, 2004, **121**: 66–74
- [17] Li N (李娜), Fang W-M (房伟民), Chen F-D (陈发棣), et al. Physiological indexes in florets of two winter cut chrysanthemum cultivars under low temperature and their cold tolerance. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2010, **30**(4): 645–651 (in Chinese)
- [18] Zhou Y-H (周艳虹), Yu J-Q (喻景权), Qian Q-Q (钱琼秋). Effects of chilling and low light on cucumber seedlings growth and their ant oxidative enzyme activities. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2003, **14**(6): 921–924 (in Chinese)
- [19] Yang X-N (杨向娜), Wei A-Z (魏安智), Yang T-X (杨途熙), et al. Studies on relationships between soluble protein contents, SOD and POD activity and cold resistant ability of 3 apricot varieties. *Journal of Northwest Forestry University* (西北林学院学报), 2006, **21**(3): 30–33 (in Chinese)
- [20] Wu M (吴敏), Cao H-X (曹红星), Feng M-L (冯美利), et al. Effect of low temperature stress on physiological characteristics of arecanut (*Areca catechu*) seedlings. *Acta Agriculturae Jiangxi* (江西农业学报), 2010, **22**(3): 94–96 (in Chinese)
- [21] Pan X-Y (潘晓云), Cao Q-D (曹琴东), Wang G-X (王根轩). Evaluation of lipid peroxidation for use in selection of cold hardiness cultivars of almond. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2002, **22**(11): 1902–1911 (in Chinese)
- [22] Liu H-Y (刘慧英), Zhu Z-J (朱祝军), Lü G-H (吕国华). Effect of low temperature stress on chilling tolerance and protective system against active oxygen of grafted water melon. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2004, **15**(4): 659–662 (in Chinese)
- [23] Li Y (李云), Yang J-S (杨际双), Zhang G (张钢), et al. Effects of cold acclimation on physiological metabolism of chrysanthemum under low temperature

- stress. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica* (华北农学报), 2009, **24**(4): 179–182 (in Chinese)
- [24] Sun Q-P (孙清鹏), Xu H-C (许煌灿), Zhang F-Q (张方秋), *et al.* Effects of low temperature stress on some physiological changes of *Acacia auriculaeformis* and *A. mangium*. *Forest Research* (林业科学研究), 2002, **15**(1): 34–40 (in Chinese)
- [25] Xu Y-T (徐叶挺), Li J (李 疆), Luo S-P (罗淑萍), *et al.* Determination of physiological index of cold resistance of *Amygdalus ledebouriana* schleche under the stress of low temperature. *Journal of Xinjiang Agricultural University* (新疆农业大学学报), 2008, **31**(4): 1–4 (in Chinese)
- [26] Li Y-H (李彦慧), Tong A-M (佟爱民), Liu D-Y (刘冬云), *et al.* Studies on cold-resistance of popular Langfang. *Journal of Agricultural University of Hebei* (河北农业大学学报), 2005, **28**(4): 23–47 (in Chinese)
- [27] Guo W-D (郭卫东), Zheng J-S (郑建树), Zhang Z-Z (张真真), *et al.* Effects of short term chilling stress on the photosynthetic physiology of fingered citrons (*Citrus medica* var. *sarcodactylis* Swingle). *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2009, **29**(5): 2286–2293 (in Chinese)
- [28] Duan X-C (段肖翠), Ni Z-Y (倪志云), Lu B-S (路丙社), *et al.* Study on cold resistance of four Pistachio varieties by freezing treatment. *Journal of Agricultural University of Hebei* (河北农业大学学报), 2005, **28**(4): 48–50 (in Chinese)
- [29] Shi J-C (石进朝), Li G-L (李桂伶), Chen X-X (陈秀新), *et al.* Physiological mechanism of *Lonicera maackii* ‘Canglvqi’ to cold resistance. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2009, **29**(1): 111–115 (in Chinese)
- [30] Zhu L-W (朱立武), Li S-W (李绍稳), Liu J-F (刘加法), *et al.* Physiological characteristics of resistance of different plum varieties to artificial adverse environments. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2002, **13**(4): 395–398 (in Chinese)
- [31] Cui H (崔 红), Yu J (于 晶), Gao X-Q (高秀芹), *et al.* Research of cold resistance physiological characteristics of three species of *Paeonia rockii*. *Journal of Northeast Agricultural University* (东北农业大学学报), 2009, **40**(7): 24–27 (in Chinese)

作者简介 冯献宾,男,1986年生,硕士研究生. 主要从事园林植物资源评价与利用研究. E-mail: 409550763@qq.com

责任编辑 李凤琴
