

# 植物抗寒生理性研究进展

王 宁

(河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471000)

**摘 要:**结合低温胁迫过程中相关生理指标的变化,对植物的抗寒性强弱进行了探讨,从而为植物的引种栽培提供参考依据,更为耐寒植物品种的选育奠定基础。通过对目前植物抗寒生理性研究的分析发现,目前广泛采用依据自然降温或人工设置低温胁迫过程中相关生理生化指标的变化,对植物抗寒性进行判断;并对2种方式中分别存在的研究周期长、较难真实模拟自然界低温等特点进行了初步探讨;尤其针对植物的抗寒性易受到环境温度的变化而发生改变的现实,对目前抗寒性研究中依然少见有对降温幅度、持续时间等对植物抗寒性影响的综合性研究进行了展望。

**关键词:**抗寒性;自然降温;低温胁迫;生理指标

**中图分类号:**Q 945.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0174-04

正确掌握植物与环境关系的客观规律是开展植物引种驯化工作的先决条件<sup>[1]</sup>。众多生态因子中以气候条件最为重要,而诸如光照、水分、温度等诸多与植物生长发育和地理分布密切相关的气候因子中,温度的变化在影响植物分布方面又起着主导作用。因此,充分了解植物对温度变化的响应过程就成为认识植物与环境关系的基础<sup>[2]</sup>。各种影响植物引种的环境条件胁迫中,以低温胁迫对植物造成的影响较为突出。低温胁迫指低于植物正常生长所需的最适温度对其造成的影响,一般认为,低温危害分为冷害即0℃以上低温,及冻害即0℃以下低温对植物造成的伤害<sup>[3]</sup>。低温影响着植物的生长发育,而植物对低温环境也具有适应性和抵抗能力,即所谓的抗寒性。因此,抗寒性是指植物在对低温环境的长期适应中,通过自身的遗传变异和自然选择所获得的一种能力,并受遗传和环境的双重影响<sup>[4]</sup>。

目前,在植物抗寒性研究过程中,用来反映植物受到低温胁迫伤害的生理生态指标也相对较多,可归纳为以下4类:第1类是与生长相关的一些植物形态指标,如生物量、植物叶、茎及根等不同部位的形态变化等;第2类是与光合能力、呼吸能力以及水分平衡等相关指标,包括与光合能力相关的叶绿体及其光系统、PSII的机构和功能<sup>[5]</sup>、光合速率<sup>[6]</sup>、色素含量<sup>[7]</sup>变化,与呼吸能力相关的线粒体形态结构、抗氰呼吸<sup>[8]</sup>、ATP酶活性<sup>[9-10]</sup>,以及水分平衡相关的自由水、束缚水含量<sup>[11]</sup>等;第3类是

与植物细胞膜相关指标,如低温半致死温度( $LT_{50}$ )<sup>[12]</sup>、MDA含量<sup>[13-14]</sup>、SOD、POD等保护酶活性<sup>[13-16]</sup>,以及电导渗透率和膜脂组成变化等<sup>[17]</sup>;第4类是与植物生理代谢过程相关的代谢中间或最终产物,如可溶性糖、可溶性蛋白质、游离氨基酸尤其是游离脯氨酸,又如 $Ca^{2+}$ 、 $K^{+}$ 含量等,通常作为渗透调节物质或代谢产物而影响着植物的耐寒性<sup>[17]</sup>。

## 1 结合自然降温胁迫的抗寒性研究

通过结合自然条件下的低温胁迫,依据外部形态及相关指标的测定,许多研究者在对植物的抗寒性研究中取得了理想的结果。谢晓金等<sup>[18]</sup>对南京地区成功引种的6种常绿阔叶植物进行了越冬适应性观察,结果表明此方法简单、直观准确,并得到了比较理想的结果;王永格等<sup>[19]</sup>对引种北京的小果卫矛的叶片萎蔫程度、干枯程度、脱落程度、枝条干枯程度等进行抗寒性分析,发现其越冬形态表性的结果与电导法测定的抗寒性结果一致;薛建辉等<sup>[20]</sup>对南京地区乐昌含笑、红花木莲等5种常绿阔叶树种自然降温过程中的相对电导率及低温半致死温度( $LT_{50}$ )进行了测定,对各树种 $LT_{50}$ 与月平均最低温度的相关性进行了分析研究,并得出了乐东拟单性木兰和浙江樟抗寒能力强,可在南京地区广泛栽培的结果;李刚等<sup>[21]</sup>通过对金叶含笑、阔瓣含笑等6种木兰科常绿阔叶树种在初冬、深冬及初春3个阶段中MDA含量、叶绿素含量等相关指标动态变化研究,对各树种的抗寒性进行评价分析并排序,得出结果与实际观察冻害调查结果一致;左宝峰等<sup>[22]</sup>对越冬期间雪松叶片内SOD活性、CAT活性等指标的动态变化进行了研究,得出可溶性糖含量、SOD活性及CAT活性是影响雪松抗寒能力的主

**作者简介:**王宁(1979-),男,河南鄢陵人,博士,讲师,现主要从事园林植物抗逆性等研究工作。E-mail:475662628@qq.com.

**基金项目:**河南科技大学青年科学基金资助项目(2013QN018)。

**收稿日期:**2013-11-19

要指标;何丽斯等<sup>[23]</sup>对南京地区秋冬自然降温过程中单、复瓣茉莉的冷害指数变化及多个抗寒生理生化指标的特性进行了分析研究,得出复瓣茉莉耐寒能力略强于单瓣的结论,并与实际观察的形态学鉴定结果一致;杨凤翔等<sup>[24]</sup>依据秋冬季自然降温过程中  $LT_{50}$ 、MDA 含量等生理生化指标的变化对 9 个草莓品种进行了抗寒性分析研究,并得出了与田间观察基本一致的结果;王瑾等<sup>[25]</sup>对自然降温过程中野生樱桃李叶片渗透调节物质的变化进行了研究,并得出游离脯氨酸含量与其抗寒性密切相关,而与可溶性糖含量关系不明显的结论。

## 2 人工设置低温胁迫的抗寒性研究

目前,有关植物的抗寒性研究中,除了依据自然降温过程中植物的外部形态及相关生理生化指标的变化对其抗寒性进行判断外,采用室内模拟自然界低温胁迫,并结合相关指标的测定从而判断植物的抗寒性也较为常用。结合自然界低温胁迫情况对植物进行抗寒性研究,其优点是植物生长状态符合其生长条件要求;缺点是由于受到气候复杂性等因素的影响,研究周期相对较长;另外,由于自然界气候变化的不规律性,试验的可重复性相对较差。而通过室内人工设置低温对植物进行抗寒性研究,其缺点是由于受到条件限制,存在着试验所用植物材料的生长状态并不能真正符合其生长条件的要求和人工设置低温较难模拟自然界复杂的低温情况;其优点是试验条件基本不受外界环境因素的影响,因此具有研究周期相对较短、试验可重复操作性强。

目前,通过室内模拟自然界低温,对植物进行抗寒性研究主要有以下 2 种形式。

1 种是依据植物抗寒性相关生理生化指标,如保护酶(SOD、POD、CAT)活性、渗透调节物质(脯氨酸、可溶性糖等)含量、膜透性及膜脂过氧化程度、叶绿素荧光等对低温胁迫的响应特点,对某种植物材料的抗寒力进行判断。石雪晖等<sup>[26]</sup>结合 SOD 活性的变化对柑桔抗寒性进行了探讨;傅瑞树<sup>[27]</sup>研究结果表明,低温胁迫过程中,苏铁原生质膜透性及束缚水随温度的变化极为显著,并发现苏铁叶龄越大,其抗寒能力越强;周龙等<sup>[28]</sup>依据电导法,结合低温胁迫过程中 MDA 含量的变化,对樱桃李的抗寒性进行了判断;林善枝等<sup>[29]</sup>研究结果表明,低温锻炼过程中毛白杨蛋白质的增加与其抗冻性及存活率的提高密切相关;杨德浩等<sup>[30]</sup>研究发现,随着温度的降低,欧洲白桦的酶促防御系统活性先升后降,MDA 含量呈上升趋势,膜透性虽有一定程度上升,但较稳定,得出其抗寒性略低于当地白桦;滕开琼等<sup>[31]</sup>依据低温胁迫过程中 SOD 活性、CAT 活性和 MDA 含量的变化,对黑壳楠的抗寒性进行了研究;乌凤章等<sup>[32]</sup>结合低温锻炼过程质膜透性、叶绿素荧光参数等变化,研究得出白桦幼苗

经一段时间的低温适应,抗寒性得到一定程度的提高。

第 2 种是依据低温胁迫过程中抗寒性相关生理生化指标的变化,结合应用数学统计分析,如 Logistic 方程、隶属函数等方法,对多种植物进行抗寒性对比研究,并得出抗寒性强弱顺序。张纪林等<sup>[33]</sup>依据电导法,结合半致死温度对 11 种冬青属植物的抗寒性强弱进行了评价;方小平等<sup>[34]</sup>结合低温胁迫后的半致死温度、MDA 含量及 SOD 活性的变化,对贵州省观光木等 4 种木兰科植物进行了抗寒性研究;李勃等<sup>[35]</sup>采用电导法和恢复生长法,对不同樱桃砧木的抗寒性进行了初步鉴定。结合低温胁迫过程中相关生理指标的测定,依据半致死温度的大小对不同植物进行抗寒性评价,还见有刘兴宇等<sup>[36]</sup>对日本厚朴和白玉兰、杨向娜等<sup>[37]</sup>对不同品种仁用杏、刘从震等<sup>[38]</sup>对 5 种李属彩叶树种、孙程旭等<sup>[39]</sup>对不同品种槟榔、杨学军等<sup>[40]</sup>对 4 种地锦属植物、张露等<sup>[41]</sup>对不同品种桉树及冯献宾等<sup>[42]</sup>对黄连木和黄山栎的研究;王喆等<sup>[43]</sup>结合低温胁迫过程中生理指标的测定,通过隶属函数分析对“中华红叶杨”等 3 种彩色树木进行抗寒性综合评价;张雪等<sup>[44]</sup>通过电导法,结合 Logistic 方程的应用,对 10 个喜树种源的抗寒能力进行综合评价,并通过聚类分析将其分为 4 类;相昆等<sup>[45]</sup>依据组织含水量、质膜相对透性、膜脂过氧化及保护酶活性等指标,对不同品种核桃抗寒性进行了分析,并运用隶属函数法进行了抗寒性综合评判。结合抗寒生理指标的测定,并通过隶属函数、聚类分析等数学统计法,对多种植物抗寒性进行综合评判还见有李轶冰等<sup>[46]</sup>对不同禾本科牧草、韩宏伟等<sup>[47]</sup>对不同种源刺槐、何跃君等<sup>[48]</sup>对海南山竹子等 6 种苗木、吕跃东等<sup>[49]</sup>对不同无性系平欧杂交榛、赵红星等<sup>[50]</sup>对 39 份柿树种质资源耐寒性的综合评判。

人工设置低温对植物的抗寒性研究中,归纳低温的设置通常又包括以下 3 种形式:1 种是设置不同梯度的低温,而胁迫时间相同。项延军等<sup>[51]</sup>通过设定 9、5、1、-3、-7℃不同梯度温度处理,每处理 2 h,对胁迫过程中南蛇藤等 5 种藤本植物的抗寒性进行了分析研究;李远发等<sup>[52]</sup>将不同种源麻疯树逐步进行 25、12、8℃等不同温度处理,且处理时间均为 24 h,依据胁迫过程中生理生化指标的变化,对其抗寒性进行分析评价。结合不同梯度温度处理,并设定相同的处理时间,结合胁迫过程中生理生化指标的测定,对不同植物进行抗寒性研究还见有马兰涛等<sup>[53]</sup>不同热带竹种、孙清鹏等<sup>[54]</sup>对大叶相思和马占相思、刘世彪等<sup>[55]</sup>对绞股蓝和五柱绞股蓝、刘会超等<sup>[56]</sup>对十大功劳、司剑华等<sup>[57]</sup>对盐地柽柳等 5 种柽柳、宋丽华等<sup>[58]</sup>对银川市红瑞木等 6 种灌木及黎明等<sup>[59]</sup>对宜昌润楠的研究。第 2 种是相同低温,而持续时间不同。陈星等<sup>[60]</sup>以室温 20℃为对照,对-15℃下,不同处理时间后相关生理生化指标的变化,对棕榈的抗寒

性进行了分析研究。采用此低温设置模式对植物进行抗寒性研究还见有任向荣等<sup>[61]</sup>对双翼豆等 6 种苗木、李晶等<sup>[62]</sup>对红松幼苗及张俊环等<sup>[63]</sup>对葡萄幼苗的研究。第 3 种是不同梯度低温,且持续时间不同。张静等<sup>[64]</sup>通过设定 0、-5、-10、-15℃,分别处理 0、24、48、72 h,对低温胁迫过程中红叶石楠质膜透性、SOD 活性及脯氨酸含量的变化进行了分析研究,研究表明低温处理在一定程度上可以提高红叶石楠的耐寒性。采用此低温设置模式对植物进行抗寒性研究还见有巫光宏等<sup>[65]</sup>对马占相思树、冯建灿等<sup>[66]</sup>对喜树、齐代华等<sup>[67]</sup>对长叶竹柏、杨轶因等<sup>[68]</sup>对天女木兰、胡春霞等<sup>[69]</sup>对南国梨、梁李宏等<sup>[70]</sup>对腰果、蔡仕珍等<sup>[71]</sup>对花叶细辛及王宁等<sup>[13]</sup>对大叶冬青的研究。

综上所述,目前有关植物的抗寒性研究,仅是从不同低温水平及持续时间 2 方面进行。而自然界中,植物的抗寒性易受到环境温度的变化而发生改变,比如极端低温、寒潮,尤其是春寒,其降温及升温的幅度、持续时间长短等均会对植物的抗寒性产生一定的影响<sup>[72]</sup>。自然界中,低温对植物的伤害可能发生在任何季节,霜害可能发生在夏季,而在温和地带,则经常发生在秋季和春季,其中尤以春季较为严重<sup>[73]</sup>。为此,Wang 等<sup>[74]</sup>也从快速降温方面对深山含笑抗寒性进行了初步的探讨。但至今为止,尚未见有从骤然降温、骤然升温、不同低温及持续不同时间等多方面对植物进行综合性抗寒研究。

### 参考文献

- [1] 吴中伦. 国外树种引种概论[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 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.
- [3] 武维华, 张蜀秋. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 188-189.
- [4] 徐娜. 低温胁迫对锦熟黄杨生理特性的影响[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.
- [5] Sinoike K. Photoinhibition of photosystem I: Its physiological significance in the chilling sensitivity of plants[J]. Plant Cell Physiol, 1996, 37(3): 239-247.
- [6] Sommersalo S, Krause G H. Photoinhibition at chilling temperature: fluorescence characteristics of unhardened and cold-climated spinach leaves[J]. Planta, 1989, 177: 409-415.
- [7] 曹乃燕, 何军贤, 赵文, 等. 地温胁迫期间水稻谷光合膜色素与蛋白水平的变化[J]. 西北植物学报, 2000, 20(1): 8-14.
- [8] 周攻克, 李红玉, 文江祁, 等. 虫害对不同水分条件胡杨披针形叶活性氧代谢的影响[J]. 植物学报, 2000, 42(7): 679-683.
- [9] 李美茹, 刘鸿先, 王以柔. 植物细胞中的抗寒物质及其植物抗冷性的关系[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(5): 328-334.
- [10] 王金胜, 王爱国, 罗广华, 等. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J]. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77-83.
- [11] 刘鸿先, 曾韶西, 王以柔, 等. 低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗子叶各细胞器中超氧化物歧化酶的影响[J]. 植物生理学报, 1985, 11(1): 48-57.
- [12] 严寒静, 谈锋. 自然降温过程中柃子叶片膜保护系统的变化与低温半致死温度的关系[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 91-95.

- [13] 王宁, 吴军, 夏鹏云, 等. 大叶冬青对低温胁迫的生理响应及抗寒性研究[J]. 华南农业大学学报, 2011, 32(3): 82-86.
- [14] 王宁, 吴军, 夏鹏云, 等. 低温胁迫对大叶冬青生理特性的影响[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(4): 407-410.
- [15] 王建华, 刘鸿先, 徐同. 超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1989, 25(1): 1-7.
- [16] 戴金平, 沈正阳, 简令成. 低温锻炼对黄瓜幼苗几种酶活性的影响[J]. 植物学报, 1991, 33(8): 627-632.
- [17] 王娟, 李德全. 逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢[J]. 植物学通报, 2001, 18(4): 459-465.
- [18] 谢晓金, 郝日明. 南京地区引种的 6 种常绿阔叶树种抗寒性测试[J]. 福建林业科技, 2007, 34(4): 67-70.
- [19] 王永格, 丛日晨. 常绿阔叶树种小果卫矛引种北京的抗寒性比较研究[J]. 北京林业学院学报, 2007, 22(4): 13-16.
- [20] 薛建辉, 苏敬, 田如男, 等. 自然降温过程中 5 个常绿阔叶树种的抗寒性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(1): 52-56.
- [21] 李刚, 姜卫兵, 翁忙玲, 等. 木兰科 6 种常绿树幼苗抗寒性的初步研究[J]. 园艺学报, 2007, 34(3): 783-786.
- [22] 左宝峰, 冀文林, 姚延梅. 越冬时期雪松叶片中 SOD、CAT 及可溶性糖的变化[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2007, 27(3): 238-240.
- [23] 何丽斯, 夏冰, 孟祥静, 等. 茉莉对自然降温的生理生化响应[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(6): 28-32.
- [24] 杨凤翔, 金芳, 颜霞. 不同草莓品种抗寒性综合评价[J]. 果树学报, 2010, 27(3): 368-372.
- [25] 王瑾, 廖康, 王燕凌, 等. 秋季自然降温对野生樱桃李叶片渗透调节物质的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(5): 952-957.
- [26] 石雪晖, 陈祖玉, 杨会卿, 等. 低温胁迫对柑桔离体叶片中 SOD 及其同工酶活性的影响[J]. 园艺学报, 1996, 23(4): 384-386.
- [27] 傅瑞树. 苏铁抗寒生理特性研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 120-121.
- [28] 周龙, 廖康, 王磊, 等. 低温胁迫对新疆野生樱桃李电解质渗出率和丙二醛含量的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2006, 29(1): 47-50.
- [29] 林善枝, 李雪平, 张志毅. 低温锻炼对毛白杨幼苗抗冻性和总可溶性蛋白质的影响[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 137-141.
- [30] 杨德浩, 杨敏生, 王进茂, 等. 欧洲白桦苗期低温胁迫时膜系统的变化[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(6): 13-15.
- [31] 滕开琼, 杨秋生, 戴钢, 等. 低温胁迫对黑壳楠幼苗生理效应及脂质过氧化作用的影响[J]. 河南农业大学学报, 2002, 36(2): 151-154.
- [32] 乌凤章, 赵伟, 孙美清, 等. 低温胁迫对黑松针叶及其枝条的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(3): 178-181.
- [33] 张纪林, 谢晓金, 教忠意, 等. 几种冬青属植物抗冻能力比较[J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 477-481.
- [34] 方小平, 李昌艳, 胡光平. 贵州 6 种木兰科植物幼苗的抗寒性研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(6): 862-865.
- [35] 李勃, 刘成连, 杨瑞红, 等. 樱桃砧木抗寒性鉴定[J]. 果树学报, 2006, 23(2): 196-199.
- [36] 刘兴宇, 周广柱, 王新颖. 日本厚朴抗寒性生理研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(6): 845-848.
- [37] 杨向娜, 魏安智, 杨途熙, 等. 仁用杏 3 个生理指标与抗寒性的关系研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(3): 30-33.
- [38] 刘从霞, 邓明净, 王文凤, 等. 5 种李属彩叶树木抗寒性研究[J]. 河北农业大学学报, 2007, 30(5): 36-39.
- [39] 孙程旭, 陈良秋, 冯美利, 等. 檳榔不同品种幼苗耐寒性比较初步研究[J]. 西南农业学报, 2009, 22(6): 1686-1689.
- [40] 杨学军, 孙振元, 韩蕾, 等. 4 种地锦属植物半致死低温及抗寒生理指



标研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(1): 147-150.

[41] 张露, 张俊红, 温忠辉, 等. 引种桉树苗期的抗寒性分析[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(1): 47-51.

[42] 冯献宾, 董倩, 王洁, 等. 低温胁迫对黄连木抗寒生理指标的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 23-26.

[43] 王喆, 朱春云. 3 种彩色树木抗寒生理指标测定与分析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2010, 28(5): 10-14.

[44] 张雪, 刘鹏, 王兴华, 等. 喜树种源间抗寒能力比较[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(1): 14-16.

[45] 相昆, 张美勇, 徐颖. 不同核桃品种耐寒特性综合评价[J]. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2325-2330.

[46] 李铁冰, 杨顺强, 任广鑫, 等. 低温处理下不同禾本科牧草的生理变化及其抗寒性比较[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1341-1347.

[47] 韩宏伟, 张世红, 徐兴兴, 等. 中国刺槐种源间抗寒性地理变异研究[J]. 河北农业学报, 2008, 31(2): 57-60.

[48] 何跃君, 薛立, 任向荣, 等. 低温胁迫对六种苗木生理特性的影响[J]. 生态学杂志, 2008, 27(4): 524-531.

[49] 吕跃东, 董凤祥, 王贵禧, 等. 平欧杂交榛抗寒性综合评价体系的建立与应用[J]. 林业科学, 2008, 44(9): 31-35.

[50] 赵红星, 耿攀, 杨勇. 39 份柃属种质资源的抗寒性综合评价[J]. 西北农业学报, 2010, 19(12): 128-133.

[51] 项延军, 李新芝, 王小德. 5 种藤本植物的抗寒性研究初探[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2011, 37(4): 421-424.

[52] 李远发, 王凌晖, 唐春红, 等. 不同种源麻疯树幼苗对低温胁迫的生理响应[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 35-40.

[53] 马兰涛, 陈双林, 李迎春. 低温胁迫对 *Guadua amplexifolia* 抗寒性生理指标的影响[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 235-238.

[54] 孙清鹏, 许煌灿, 张方秋, 等. 低温胁迫对大叶相思和马占相思某些生理特性的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(1): 34-40.

[55] 刘世彪, 易萍, 罗奥, 等. 低温胁迫对绞股蓝和五柱绞股蓝抗寒性生理指标的影响[J]. 热带作物学报, 2008, 29(5): 572-575.

[56] 刘会超, 贾文庆, 常亚丽. 低温胁迫对十大功劳叶片生理特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(5): 1140-1142.

[57] 司剑华, 卢素锦. 低温胁迫对 5 种柃柳抗寒性生理指标的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(8): 78-81.

[58] 宋丽华, 高玲. 银川市 6 种灌木绿化树种抗寒性的比较[J]. 林业科

技, 2010, 35(6): 52-55.

[59] 黎明, 杨芳绒, 商卫卫. 低温对宜昌润楠生理指标及叶片超微结构的影响[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(4): 19-22.

[60] 陈星, 李俊全, 王君玲, 等. 低温下棕榈某些生理变化及低温锻炼对棕榈耐寒性的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1999, 35(2): 257-260.

[61] 任向荣, 薛立, 王相娥, 等. 低温对 6 种绿化树种幼苗生理过程的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(6): 56-60.

[62] 李晶, 阎秀峰, 祖先刚. 低温胁迫下红松幼苗活性氧的产生及保护酶的变化[J]. 植物学报, 2000, 42(2): 148-152.

[63] 张俊环, 黄卫东. 葡萄幼苗在温度逆境交叉适应过程中活性氧及抗氧化酶的变化[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1073-1080.

[64] 张静, 王华田, 宋承东, 等. 持续低温胁迫对红玉石楠抗寒生理生化特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(6): 988-992.

[65] 巫光宏, 詹福建, 黄卓烈, 等. 低温胁迫对马占相思树代谢的影响研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(6): 633-640.

[66] 冯建灿, 张玉洁, 杨天柱. 低温胁迫对喜树幼苗 SOD 活性、MDA 和脯氨酸含量的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 197-202.

[67] 齐代华, 李旭光, 王力, 等. 模拟低温胁迫对活性氧代谢保护酶系统的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2003, 25(5): 385-388.

[68] 杨轶因, 林玉梅, 任军, 等. 低温胁迫对天女木兰某些生理指标的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(6): 805-807.

[69] 胡春霞, 王丽, 汤杰. 低温对南国梨的生理生化指标的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(3): 349-352.

[70] 梁李宏, 梅新, 林峰, 等. 低温胁迫对腰果幼苗叶片组织结构生理指标的影响[J]. 生理环境学报, 2009, 18(1): 317-320.

[71] 蔡仕珍, 潘远智, 陈其兵, 等. 低温胁迫对花叶细辛生理生化及生长的影响[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 95-101.

[72] 郝日明, 魏宏图. 紫金山森林植被性质与常绿落叶阔叶混交林重建可能性的探讨[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 108-115.

[73] Kozłowski T T. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses[J]. The Botanical Review, 1968(2): 270-334.

[74] Wang N, Qiao J P, Su J L. Influence of short-term temperature drops on the cold resistance of *Michelia maudiae* [J]. African Journal of Agricultural Research, 2011, 6(20): 4753-4759.

## Research Progress on Cold Resistance Physiology of Plant

WANG Ning

(College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471000)

**Abstract:** Combined with the physiological changes in the low temperature stress process, the cold resistance of plant has been explored, which would provide a reference for the introduction and cultivation of plant, meanwhile for the breeding of cold resistance plant varieties. Through analysis of study on the cold resistance of plant, it found that the cold resistance of plant was usually determined according to the changes of physiological and biochemical indicators in the natural cooling process or artificial low temperature stress. The characteristics of these two methods were investigated, and it found that they existed some problems including research cycle long, more difficult to simulate the natural low temperature and so on. Especially for the actual situation, that plant could hardiness was easily affected by temperature changes, the temperature drop range and duration effect on the cold resistance of plant has rarely been studied.

**Key words:** cold resistance; natural drop in temperature; low temperature stress; physiological indicator