

# 常绿阔叶灌木富贵草越冬过程中抗寒性生理指标的动态变化

严海燕<sup>1</sup>, 董 然<sup>1</sup>, 于向丽<sup>2</sup>, 冯 敏<sup>1</sup>

(1. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118; 2. 长春市净月旅游开发区第二林场, 吉林 长春 130118)

**摘 要:**以常绿阔叶灌木富贵草 5 a 生扦插苗为试材, 研究其在越冬过程中叶片相对电导率、MDA 含量、保护酶活性、渗透调节物含量的动态变化, 以探究富贵草在引种地的抗寒性生理特征。结果表明: 随田间气温的自然变化, 富贵草叶片相对电导率和 MDA 含量先增加后减少; SOD、POD 活性也基本遵循先上升后下降的变化规律, 在日最低气温降至最低时活性均达到最大值; 脯氨酸、可溶性糖含量均先上升后下降, 在低温胁迫加剧时脯氨酸迅速积累, 在气温回升逆境解除时含量迅速降低至较低水平。整个越冬过程中, 各抗寒指标对气温自然变化的动态响应说明富贵草具有很好的抗寒生理基础, 是长春等寒冷地区极具开发应用潜能的常绿阔叶植物。

**关键词:**富贵草; 生理指标; 动态变化; 抗寒性

**中图分类号:**S 793 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)24-0070-04

受诸多气候条件的限制, 我国常绿阔叶植物大多自然分布于热带和亚热带地区, 而在秦岭-淮河以北的广大地区室外常绿树种则大多为厚重单一的针叶树, 导致冬季植物景观相对单调。要想快速丰富北方冬季常绿阔叶植物种类, 引种无疑是一条有效捷径。一般认为低温是限制常绿阔叶植物分布及其引种的主导因素<sup>[1]</sup>。因此, 要保证常绿阔叶植物的引种成功, 研究其在引种地露地自然越冬的抗寒性表现是一个非常重要的环节。

富贵草(*Pachysandra terminalis*)为黄阳科(Buxaceae)板凳果属(*Pachysandra Michx*)常绿阔叶小灌木, 其株型美观、枝叶浓密, 原产我国湖北、四川、甘肃和陕西等省区, 日本也有分布<sup>[2]</sup>, 现已在国内外多处引种成功, 并在江苏、北京等引种地得到了良好应用<sup>[3]</sup>。富贵草还是湖北省鄂西地区土家族常用的抗风湿类植物药<sup>[4]</sup>。

供试材料富贵草于 2006 年春季从北京中科院引种至吉林农业大学园艺学院园林苗圃基地, 是富贵草首次北移至中国东北地区的引种试验。基于此, 现对富贵草 5 a 生扦插苗在长春地区露地自然越冬过程中叶片生理指标的动态变化进行了详细研究, 旨在研究生理指标的变化及其对富贵草抗寒性的相关性, 以为富贵草在东

北等冬季寒冷而漫长地区的引种和推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

吉林农业大学园艺学院园林苗圃基地位于东经 125°24', 北纬 43°47', 海拔 251 m, 属温带大陆性季风气候, 春季干燥多风, 冬季漫长干冷。年平均气温 4.8℃, 最低气温 -39.8℃, 最高气温 39.7℃。土壤为黑壤土, pH 7.91, 有机质 4.08 mg/kg、碱解氮 108.21 mg/kg, 速效磷 25.3 mg/kg, 速效钾 201.22 mg/kg, 采样时间及当日气温情况见表 1。

表 1 采样时间和气温

| Table 1        | The sampling time and temperature |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 取样时间<br>/年-月-日 | 11-10-01                          | 11-11-01 | 11-12-02 | 12-01-02 | 12-02-02 | 12-03-04 | 12-04-04 | 12-05-05 |
| 最低气温/℃         | 8                                 | -6       | -17      | -26      | -19      | -17      | 6        | 11       |
| 最高气温/℃         | 17                                | 1        | -8       | -11      | -9       | -4       | 14       | 19       |
| 日平均气温/℃        | 13                                | -2       | -13      | -18      | -12      | -9       | 8        | 16       |

### 1.2 试验材料

2006 年从北京中科院引进富贵草, 在露地栽培的 5 a 中均表现良好, 每年 6~7 月以其母株进行扦插繁殖, 所有扦插苗也均种植于园林苗圃基地。该试验以 5 a 生扦插苗为试材。

### 1.3 试验方法

于 2011 年 10 月至 2012 年 5 月期间按表 1 进行定期取样, 摘取富贵草 5 a 生扦插苗的 1 a 生成熟功能叶(为避免边缘效应的影响, 只在地中选取的 40 cm×40 cm

**第一作者简介:**严海燕(1986-), 女, 硕士, 现主要从事园林植物栽培与应用研究工作。E-mail: yanhaiyan777@sina.cn.

**责任作者:**董然(1966-), 女, 博士, 教授, 现主要从长白山野生植物的引种驯化等科研工作。

**基金项目:**吉林省科技厅科技支撑计划资助项目(20100259)。

**收稿日期:**2012-09-03

的3块样方内取样),将摘下的叶片放入聚乙烯袋中密封保存带回实验室进行相关指标的测定。

#### 1.4 项目测定

相对电导率采用电导率仪法;MDA含量采用硫代巴比妥酸法;SOD活性采用氮蓝四唑法,POD活性采用愈创木酚法;可溶性糖含量采用蒽酮比色法,游离脯氨酸含量采用茚三酮法<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 越冬过程中富贵草叶片相对电导率和MDA含量的动态变化

植物遭受低温胁迫后膜脂结构会遭到破坏导致透性增加、电解质外渗,测定相对电导率是研究植物抵御低温胁迫能力的一种简单而可靠的方法<sup>[6]</sup>。由图1可知,随着越冬气温的自然变化,叶片相对电导率先上升后下降。在10月1日相对电导率较低为27.99%,之后至12月2日之前随气温降低相对电导率增加,并在12月2日达到最大值37.19%,为初始值的1.33倍。在1月2日至5月5日期间相对电导率又随气温的回升而下降。

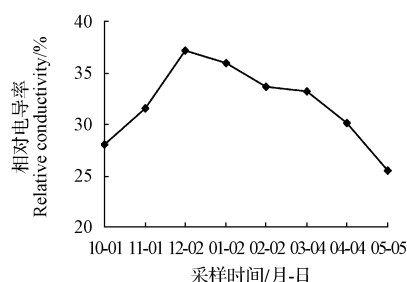


图1 越冬过程中富贵草叶片相对电导率

Fig.1 The relative conductivity in the leaves of *P. terminalis* during winter

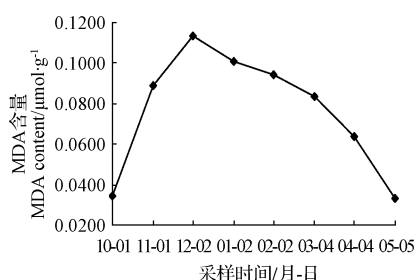


图2 越冬过程中富贵草叶片中MDA含量

Fig.2 The content of MDA in the leaves of *P. terminalis* during winter

当植物遭受逆境胁迫,体内自由基增加到一定程度会引发膜脂过氧化反应生成MDA,因此MDA的含量越高表明质膜受损伤的程度越大<sup>[7]</sup>。由图2可知,随着越冬期间气温的自然变化,富贵草叶片中MDA含量先上升后下降。在10月1日至12月2日期间,随着气温的下降MDA逐渐增加并达到最大值0.1137 μmol/g,为初

始值的3.30倍;12月2日至翌年1月2日期间气温大幅度下降至日最低气温达到最低值但MDA含量不增反减;之后随着气温的不断回升,MDA含量持续下降。

### 2.2 越冬过程中富贵草叶片中SOD、POD活性的动态变化

植物在遭受低温胁迫时体内自由基会不断增多,此时保护酶活性一般会增强以清除自由基,SOD和POD为常见的保护酶,SOD能清除超氧阴离子自由基,而POD能清除产生的过氧化氢<sup>[8]</sup>。

由图3可知,随气温的自然变化SOD活性先升高后降低。在10月1日至12月2日期间缓慢增加,而在12月2日至1月2日期间迅速增加,可能是由于前期的低温驯化和之后气温的急剧降低共同引起的。之后随着气温的自然回升SOD活性逐渐下降。

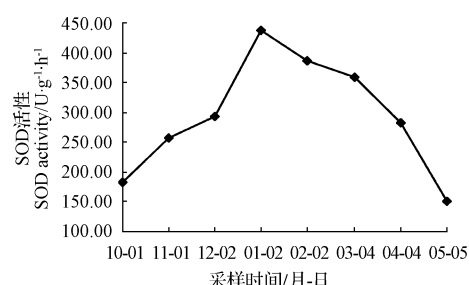


图3 越冬过程中富贵草叶片中SOD活性变化

Fig.3 SOD activity of in the leaves of *P. terminalis* during winter

由图4可知,随气温的自然变化POD活性先略微降低,之后表现出先增加后降低的变化规律。与SOD不同,POD活性在11月1日时略有下降,可能是因为POD在充分行使其生物功能之前要比SOD经历一段更长的与外界环境的相互适应期。12月2日至2月2日期间POD活性急速增加,与SOD表现出协同作用,之后活性下降。

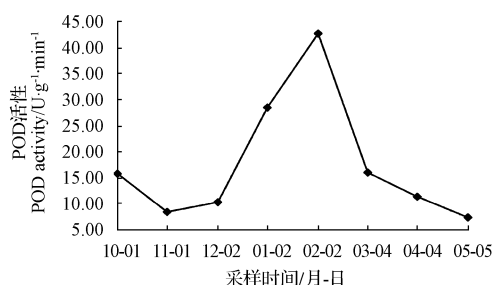


图4 越冬过程中富贵草叶片中POD活性变化

Fig.4 POD activity of in the leaves of *P. terminalis* during winter

### 2.3 越冬过程中富贵草叶片中渗透调节物含量的动态变化

植物遭受低温胁迫时,在一定范围内可通过渗透调

节来抵御逆境,可溶性糖和游离脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质<sup>[9]</sup>,二者的含量变化可用来评价植物对低温的响应情况。

由图 5 可知,越冬过程中随着气温的自然变化叶片中脯氨酸含量先上升后下降,最后保持相对稳定。12 月 1 日至翌年 1 月 1 日期间随着气温的急剧下降脯氨酸的含量急剧增加,并在日最低气温降到最低时(1 月 1 日)达到最大值 564.94  $\mu\text{g/g}$ ,是初始值 229.22  $\mu\text{g/g}$  的 2.46 倍;1 月 2 日至 4 月 4 日随着气温的回升,脯氨酸含量不断减小;到 5 月 5 日低温逆境基本解除时,脯氨酸含量已迅速降低至较低水平。

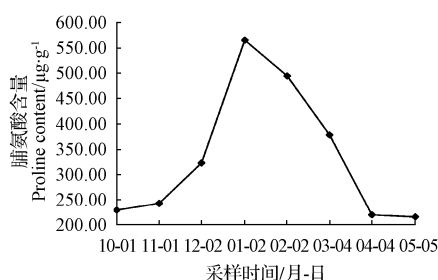


图 5 越冬过程中富贵草叶片中脯氨酸含量

Fig. 5 Proline content in the leaves of *P. terminalis* during winter

由图 6 可知,越冬过程中随着气温的自然变化叶片中可溶性糖含量先上升后下降。10 月 1 日至 1 月 2 日随着气温的下降可溶性糖含量升高,并在日最低气温降到最低时达到最大值 114.08  $\text{mg/g}$ ,是初始值 49.34  $\text{mg/g}$  的 2.31 倍;而后随着气温的自然回升,可溶性糖含量又逐渐下降,到 5 月 5 日下降至较低水平。

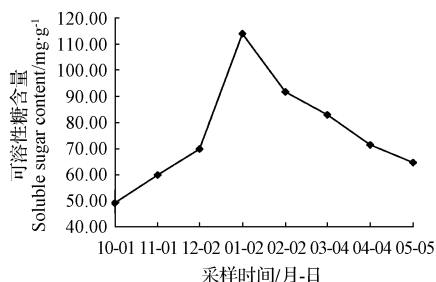


图 6 越冬过程中富贵草叶片中可溶性糖含量

Fig. 6 Soluble sugar content in the leaves of *P. terminalis* during winter

### 3 结论与讨论

许多研究认为,植物的抗寒性与相对电导率呈负相关<sup>[10-11]</sup>。该研究中,12 月 2 日之前随气温的自然降低电导率不断增大,但当气温进一步降低并达到最低时电导率不增反减,这与赵雪梅等<sup>[12]</sup>的研究结果并不一致,原因是富贵草经历了 10~12 月的冷驯化阶段后,体内对低温逆境的抵御机制已被完全激发,因此在日最低气温达

到最低时相对电导率不升反降。在气温回升较快的 3~5 月,相对电导率大幅度下降,说明在逆境解除后富贵草能快速的恢复膜透性进行正常代谢。

许多研究表明,MDA 含量越高,植物遭受逆境胁迫程度越大<sup>[13-14]</sup>。12 月 2 日之前,MDA 含量一直增加。在气温相对较高的 10~11 月 MDA 增加的幅度反而大于 11~12 月,很可能是因为 11 月 1 日之前富贵草还未完全完成其冷驯化过程、御寒机制尚未充分启动导致的。12 月 2 日至 1 月 2 日期间气温迅速大幅度下降,此时防寒机制已充分发挥御寒作用,使富贵草受到的伤害减小,MDA 含量降低。在 3~5 月气温回升较快,MDA 含量也大幅度下降,说明在逆境解除后富贵草能快速进行修复,让质膜恢复完整,使体内代谢正常运作。

SOD 和 POD 是植物保护酶系统中的重要组分,其活性和含量与植物抗寒性密切相关<sup>[16]</sup>。研究表明,SOD 活性越高,植物抗寒性越强<sup>[16]</sup>。12 月 2 日之前 SOD 活性相对较低,但一直处于增加状态,在日最低气温达到最低时(1 月 1 日),SOD 活性大幅度增加并达到最大值,说明 SOD 需要经历 10~12 月间的冷驯化阶段才能在气温最低的 1 月最大限度的发挥其功效。在气温虽有所上升但仍然保持相对较低的 2~3 月,SOD 活性始终较高,以便更好地抵御仍然存在的低温逆境。5 月随着低温逆境的解除,SOD 活性下降到较低水平。在 11 月 1 日 POD 活性略有下降,体现 POD 对低温的敏感性;之后 POD 活性先上升后下降,与 SOD 活性变化趋势大体一致。从 SOD 与 POD 的整体变化规律可以看出,二者在越冬过程中发挥着较为密切的协同作用,对富贵草抵御低温逆境具有重要意义。

脯氨酸和可溶性糖是植物体内 2 种重要的渗透调节物质。脯氨酸不仅能增加细胞渗透压,还能加强蛋白质的水合作用,对保持膜结构的完整性具有重要意义<sup>[17]</sup>。大多数研究认为脯氨酸是植物体内具有低温保护效应的物质,但也有研究认为,脯氨酸的大量积累是植物遭受逆境胁迫后被动产生的,并不是植物对低温的适应性表现<sup>[18]</sup>。该研究中脯氨酸含量随越冬气温的自然降低而增加,在日最低气温达到最低时含量迅速增至最大,而在 5 月 5 日低温逆境已基本解除时含量又迅速回落至极低水平,表明在富贵草中脯氨酸并不是逆境胁迫后的被动性产物,而是具有良好低温保护效应的渗透调节物。可溶性糖作为植物体内另一种重要的渗透保护物质,具有降低原生质冰点缓冲细胞脱水的作用,其含量与抗寒性呈正相关<sup>[19]</sup>。可溶性糖含量与脯氨酸含量的变化趋势大体一致,都是先增加后减少。在 12 月至翌年 1 月当气温大幅度下降至日最低气温达到最低时可溶性糖含量也急剧增加,表现出对寒冷逆境的高度适应性。整个越冬过程中,富贵草叶片中脯氨酸和可溶

性糖都保持着与低温变化相适应的动态响应,表现出重要的抗寒效应。

富贵草在引种地长春的越冬过程中随着气温的自然降低,保护酶活性不断增加,渗透物质不断积累,说明富贵草在引种地具有一定的越冬能力。相对电导率,MDA含量,SOD、POD活性,脯氨酸和可溶性糖含量对气温变化的动态响应说明富贵草具有很好的抗寒生理基础,在长春等冬季寒冷地区具有极大的开发应用潜能。该试验测定的是自然条件下富贵草抗寒生理指标的变化,因此比人为单一低温胁迫处理更具科学性,但该文只对2011年10月至2012年5月越冬过程中富贵草的生理变化进行了1次测定,要确定其能否抵御长春地区可能出现的极端低温,还需更进一步多次研究富贵草的抗寒性。

#### 参考文献

- [1] 汪庆,姚淦. 浅谈江苏园林绿化中常绿、落叶树种的配植[J]. 江苏林业科技,2000,27(6):48-50.
- [2] 马勋. 介绍几种北方常绿阔叶植物[N]. 中国花卉报,2003.
- [3] 周国宁,洪林,应求是. 富贵草[J]. 植物杂志,2000(5):25.
- [4] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上海:上海科学技术出版社,2001:2086.
- [5] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [6] 杨向娜,杨途熙,魏安智,等. 自然升温过程中仁用杏抗寒性的变化[J]. 北方园艺,2009(12):16-20.
- [7] 陈贵,胡文玉,谢甫缙,等. 提取植物体内的MDA的溶剂及MDA作为衰老指标的探讨[J]. 植物生理学通讯,1991,27(1):44-46.
- [8] 萧浪涛,王三根. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2004.
- [9] 石进朝,李桂伶,陈秀新,等. 长绿期金银木耐寒生理机制研究[J]. 西北植物学报,2009,29(1):111-115.
- [10] 崔红,于晶,高秀芹,等. 3个紫斑牡丹品种的抗寒生理特性研究[J]. 东北农业大学学报,2009,40(7):24-27.
- [11] 董丽,黄亦工,贾麦娥,等. 北京园林主要常绿阔叶植物抗冻性及其测定方法[J]. 北京林业大学学报,2002,24(3):70-73.
- [12] 赵雪梅,成仿云,唐立红,等. 赤峰地区紫斑牡丹的引种与抗寒性研究[J]. 北京林业大学学报,2011,33(2):84-90.
- [13] 潘晓云,曹琴东,王根轩,等. 膜脂过氧化作为扁桃品种抗寒性鉴定指标研究[J]. 生态学报,2002,22(11):1902-1911.
- [14] 李云,杨际双,张钢,等. 低温锻炼对低温胁迫下菊花生理活性的影响[J]. 华北农学报,2009,24(4):179-182.
- [15] Ederli L, Reale L, Ferranti F, et al. Responses induced by high concentration of cadmium in *Phragmites australis* roots[J]. Physiologia Plantarum, 2004,121:66-74.
- [16] 方小平,李昌艳,胡光平,等. 贵州4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.
- [17] 张圣平,顾兴芳,王烨,等. 低温胁迫对以野生黄瓜(棘瓜)为砧木的黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响[J]. 西北植物学报,2005,25(7):1428-1432.
- [18] Wanner L A, Junttila O. Cold-induced freezing tolerance in *Arabidopsis* [J]. Plant Physiology, 1999,120(7):391-399.
- [19] 孙广玉,李威,蔡敦江,等. 高寒区苜蓿越冬的生理适应性[J]. 东北林业大学学报,2005,33(6):49-51.

## Dynamic Changes of Physiological Indexes Related to Cold Resistance in Evergreen Broad-leaved Shrub *Pachysandra terminalis* During Winter

YAN Hai-yan<sup>1</sup>, DONG Ran<sup>1</sup>, YU Xiang-li<sup>2</sup>, FENG Min<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 2. Second Forest of Changchun City Jingyue Tourism Development Zone, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract:** Taking 5-year-old cuttage seedlings of evergreen broad-leaved shrub *P. terminalis* as test materials, dynamic changes of relative conductivity, MDA content, SOD activity, POD activity, proline content and soluble sugar content were investigated, the physiological characteristics of cold resistance of *P. terminalis* during winter were studied. The results showed that with the variation of natural temperature, relative conductivity and MDA content increased first and then decreased; the activity of SOD and POD probably followed the regularity that increased first and then decreased, and the activities were the highest when daily minimum air temperature reached the lowest during winter; proline content and soluble sugar content increased first and then decreased, proline accumulated rapidly with the strengthened chilling stress and decreased markedly when the climate was warmer. In the overwintering period, the dynamic response of the above indexes to the variation of natural temperature showed that *P. terminalis* had good physiological basis to resist low temperature, it was an evergreen broad bush that equipped with large potential of development and utilization in Changchun and other places where the air temperature was very low in winter.

**Key words:** *P. terminalis*; physiological indexes; dynamic changes; cold resistance