

陈丽文. 抗冻剂对低温下油茶的生理作用[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(3): 103–106.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.03.026

# 抗冻剂对低温下油茶的生理作用

陈丽文

(信阳农林学院林学院, 河南信阳 464000)

**摘要:**探究低温条件下抗冻剂对油茶的生理作用, 为冬季低温条件下油茶正常生长和推广取得更高经济效益提供理论支持。向受到低温胁迫的油茶喷洒脱落酸(ABA)、 $\text{CaCl}_2$  水溶液和抗坏血酸 3 种抗冻剂, 观察油茶的根系活力, 丙二醛(MDA)、可溶性糖、可溶性蛋白质、叶绿素含量和叶绿素荧光参数的变化。结果表明, 喷洒 3 种抗冻剂后油茶的根系活力、可溶性蛋白质含量、叶绿素含量、叶绿素荧光参数均高于对照组, 喷洒 3 种抗冻剂后油茶的 MDA 含量均低于对照组。在冬季低温条件下向油茶喷洒抗冻剂可以有效减少低温胁迫对油茶的损害, 提高油茶的抗冻性和适应性, 对油茶的栽培和推广有重要意义。

**关键词:**油茶; 低温; 抗冻剂; 生理作用

**中图分类号:** S718.43; S794.401

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2018)03-0103-03

油茶为茶科常绿小乔木, 与油棕、油橄榄和椰子并称为世界四大木本食用油料植物。油茶籽可压榨出含有丰富不饱和脂肪酸和维生素 E 的高级食用油供食用, 茶油还可以滋润修复受损头发、制作美容精油、面膜、蜡烛和肥皂等, 也可以作为机油的替代品; 茶籽饼可以作为肥料, 还可以提取皂素制作洗涤剂; 茶果壳可以提取活性炭、烧碱、栲胶等; 除此之外, 油茶树还具有营造防火林、保持水土、涵养水源、调节气候的生态效益, 因此茶油在农、工、轻工、食品、饲料工业等方面具有极大的应用价值<sup>[1]</sup>。

油茶树主要生长在我国南方亚热带地区的高山丘陵地带, 集中分布于浙江、江西、河南、湖南、广西 5 省(区)。油茶树萌芽能力强, 枝条叶片丰富, 四季常青, 根系发达, 存活时间长, 对贫瘠土壤有较高耐受力, 有极强的生态适应性<sup>[2]</sup>。油茶喜温畏寒, 要求年平均气温 16~18℃, 花期平均气温为 12~13℃, 充足的阳光和适宜的温度能提高油茶结实率和种子含油率<sup>[3]</sup>。气温低至 0℃以下时, 油茶体内细胞结冰, 原生质体结构遭到破坏, 油茶根系的吸收和运输、叶子的光合作用、植株的生长都会受到影响, 严重者造成油茶减产甚至整株死亡, 这种现象称为油茶冻害<sup>[4]</sup>。因此, 在冬季低温条件下栽培油茶具有一定的技术难度, 低温也成为油茶分布的限制因子。

## 1 抗冻剂与植物的抗冻性

### 1.1 ABA

ABA 在植物响应生物胁迫时起到关键作用, 在逆境中, 植物体内的 ABA 以胁迫信号的方式大量积累, 调节植物的代谢平衡, 从而提高植物对胁迫的适应性及耐性<sup>[5]</sup>。研究表

明, 喷洒 ABA 可以减少细胞膜的损伤, 增加可溶性糖和可溶性蛋白质等渗透调节物质的含量, 加快抗冷信号传导和抗寒基因诱导表达, 从而提高植物抗寒能力, 对植物起到保护作用<sup>[6]</sup>。

### 1.2 $\text{CaCl}_2$ 水溶液

$\text{Ca}^{2+}$  被认为是植物细胞内传递抗逆信号的第二信使, 当植物处于逆境时, 细胞中的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度升高, 从而激活植物体内抗逆基因表达。研究证明, 外施一定浓度的  $\text{Ca}^{2+}$  可以提高植物的酶活性, 降低细胞膜渗透率和 MDA 含量, 增加可溶性糖的积累, 提高过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性, 从而提高植物细胞抵抗低温的能力<sup>[7]</sup>。

### 1.3 抗坏血酸

低温是影响植物生长发育的重要逆境因子之一, 植物细胞在低温下产生大量活性氧破坏细胞结构<sup>[8]</sup>。抗坏血酸是一种抗氧化物质, 在活细胞中, 抗坏血酸氧化还原系统由原型的抗坏血酸(ASA)、氧化型的单脱氢抗坏血酸(MDHA)和脱氢抗坏血酸(DHA)组成, ASA 的氧化还原状态反映了植物细胞内外环境的氧化还原状况, 当植物遭遇逆境胁迫时, ASA/DHA 比率、相关代谢物和酶类会发生相应变化<sup>[9]</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 所选材料

供试油茶品种为湖南油茶种。选取长势一致、无病虫害、叶片无破损的 3 年生油茶种苗, 标号备用。

### 2.2 研究方法

将所选油茶种苗分成 4 组, 分别标记编号。低温处理, 在 10℃恒温培养箱中进行培养。1 组作为对照组喷洒蒸馏水, 其余 3 组分别喷洒 7.5 mmol/L 的 ABA、100 mmol/L 的  $\text{CaCl}_2$  水溶液、20 mmol/L 的抗坏血酸, 然后在处理后 1、3、5 d 分别测定根系活力、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、MDA 含量、叶绿素含量、叶绿素荧光参数等各项生理指标, 分别登记。

### 2.3 测定方法

可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝(G-250)染色法<sup>[10]</sup>

收稿日期: 2016-08-23

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 11371306); 河南省科技计划(编号: 2013-332)。

作者简介: 陈丽文(1981—), 女, 河南信阳人, 硕士, 讲师, 主要从事林业经营管理和林业技术研究。E-mail: clw803@163.com。

测定;可溶性糖含量采用萘酚法<sup>[10]</sup>测定;MDA 含量采用硫代巴比妥酸反应法<sup>[11]</sup>测定;根系活力采用 TTC 法<sup>[12]</sup>测定;叶绿素荧光参数用便携式荧光仪在  $F_v/F_m$  模式下<sup>[13]</sup>测定;叶绿素含量采用分光光度计<sup>[13]</sup>测定光吸收值。

## 2.4 数据分析

所有数据主要采用 Microsoft Excel 2010 软件分析处理和图表制作,采用 Origin 8.5 辅助绘图,采用 SPSS 19.0 软件辅助相关数据分析处理。

## 3 结果与分析

### 3.1 低温下喷洒抗冻剂对油茶根系活力的影响

根系是植物的重要器官,它不仅具有吸收水分和盐类运输到整株植物的功能,而且兼顾植物体内多种物质的合成,因此,植物个体的生命状态都可以通过根系活力强弱直接表现出来<sup>[14]</sup>。而根系的活力则通过根系吸收与合成的能力表现出来,根系活力是一项需要测定的生理指标<sup>[15]</sup>。

由图 1 可知,喷洒 3 种抗冻剂的油茶根系活力都高于喷洒蒸馏水的对照组。随着时间的推移,对照组与喷洒  $\text{CaCl}_2$  水溶液、抗坏血酸的油茶组的根系活力都逐渐降低,处理 1 d 到 3 d 的变化幅度较小,3 d 到 5 d 变化幅度较大。喷洒 ABA 的油茶组的根系活力先减少再增加,处理 1 d 到 3 d 的变化幅度较大,3 d 到 5 d 变化幅度较小。

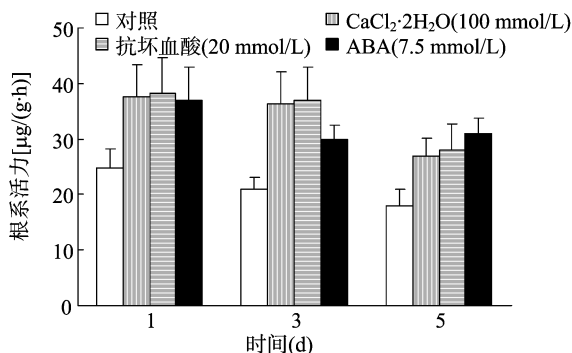


图1 低温下根系活力的变化

### 3.2 低温下喷洒抗冻剂对油茶可溶性糖含量的影响

可溶性糖是植物进行渗透调节的重要物质,它可以提高细胞液浓度从而降低水势,增强细胞保水能力,降低其冰点<sup>[16]</sup>。低温条件下水解作用增强,淀粉、蛋白质等大分子化合物大量降解成可溶性糖等物质,细胞液浓度提高,以调节细胞渗透压,提高机体抗寒能力<sup>[17]</sup>。

由图 2 可知,喷洒 3 种抗冻剂的油茶的可溶性糖含量都高于喷洒蒸馏水的对照组。其中对照组和喷洒  $\text{CaCl}_2$  水溶液及喷洒抗坏血酸的油茶组的可溶性糖含量均呈现小幅度增长趋势,而喷洒 ABA 的油茶可溶性糖含量先增加再减少,4 组油茶的可溶性糖含量变化幅度都比较大。

### 3.3 低温下喷洒抗冻剂对油茶可溶性蛋白质含量的影响

低温引起植物细胞蛋白质变化,主要表现为可溶性蛋白质和酶类的变化以及产生抗寒性蛋白质,植物细胞中的可溶性蛋白质具有较强的亲水性,能明显提高细胞的持水力。在低温条件下,可溶性蛋白质含量增加,可以束缚更多的水分,避免原生质因结冰而受害致死,从而提高植物体抗寒性<sup>[16]</sup>。

由图 3 可知,3 组喷洒抗冻剂的油茶可溶性蛋白质含量

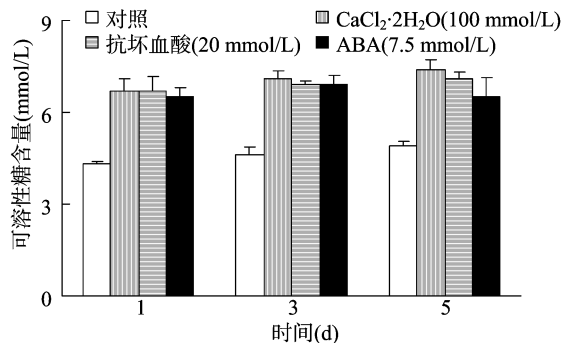


图2 可溶性糖含量的变化

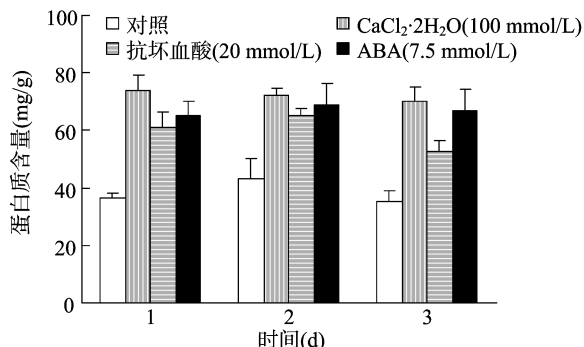


图3 可溶性蛋白质含量的变化

都远高于喷洒蒸馏水的对照组。随着时间推移,喷洒  $\text{CaCl}_2$  水溶液的油茶组可溶性蛋白质的含量逐渐减少,而对照组和喷洒抗坏血酸及喷洒 ABA 的油茶组的可溶性蛋白质含量都先增加再减少。

### 3.4 低温下喷洒抗冻剂对油茶 MDA 含量的影响

当植物受到低温胁迫时,植物细胞膜膜脂会在活性氧作用下发生氧化作用,MDA 是膜脂过氧化最重要的产物之一,它的产生能加剧膜的损伤,因此,通过 MDA 膜脂过氧化的程度,可以间接测定膜系统受损程度以及植物的抗逆性<sup>[18]</sup>。通过测定植物体内 MDA 含量及变化动态,可以判断该树种抵抗低温能力强弱<sup>[19]</sup>。长期以来,植物体内 MDA 含量及动态变化是衡量膜脂过氧化程度的一个公认指标<sup>[20]</sup>。

由图 4 可知,喷洒 3 种抗冻剂的油茶 MDA 含量都低于只喷洒蒸馏水的对照组,随着时间推移,对照组油茶的 MDA 含量呈现上升趋势,处理 1 d 到 3 d,3 组喷洒抗冻剂的油茶 MDA 含量几乎没有变化,到处理 5 d 除了喷洒  $\text{CaCl}_2$  水溶液的油茶 MDA 含量小幅度减少以外,其余喷洒抗冻剂的 2 组都呈现小幅度增加。

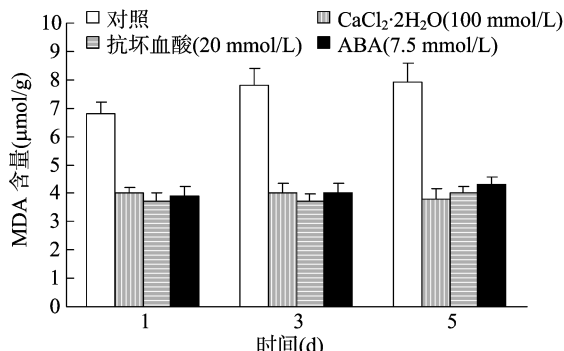


图4 MDA 含量的变化

### 3.5 低温下喷洒抗冻剂对油茶叶绿素含量的影响

光合作用是植物合成有机物质和获得能量的根本途径,可以反映出植株的生长状况和抗性的强弱,是植物生长发育的基础<sup>[21]</sup>。光合作用很容易受低温的影响,低温几乎影响到植物光合作用的各个环节,叶绿素含量就是其中之一,低温会导致叶绿素含量降低,从而影响植物的生长。在绿色植物中叶绿素具有捕捉光能的重要功能,其含量的高低将会直接影响光合作用的水平以及植物对光能的利用和干物质的积累,是反映光合生理状况的一个基本标准<sup>[22]</sup>。

由图 5 可知,喷洒抗冻剂的各油茶组的叶绿素含量均高于对照组。随着时间的推移,对照组和喷洒抗坏血酸的油茶组叶绿素含量逐渐减少,而喷洒  $\text{CaCl}_2$  水溶液和 ABA 的油茶组的叶绿素含量先增加再减少。4 组中只有对照组叶绿素含量的变化幅度较大,其余喷洒抗冻剂的 3 组变化幅度都很小。

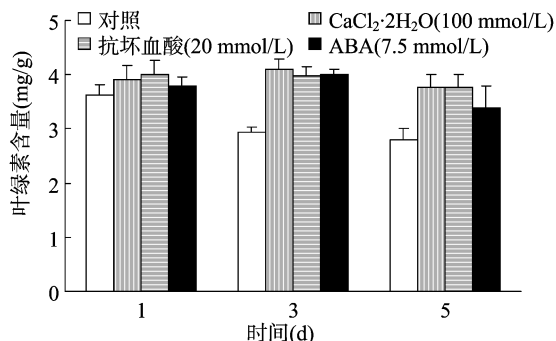


图5 叶绿素含量的变化

### 3.6 低温下喷洒抗冻剂对油茶叶绿素荧光参数的影响

低温胁迫导致植物的光合速率下降,光能过剩,甚至促使光抑制的产生从而破坏植物的光合机制<sup>[23]</sup>。叶绿素荧光利用植物体内叶绿素作为天然探针,检测植物光合生理状况以及各种原因对植物光合作用造成的影响,具有简便、快捷、准确的优点,并且不会对植物本身造成损害。以往研究证实,低温会降低植物叶绿素荧光参数。因此,叶绿素荧光参数可以作为抗冷性的选择指标,叶绿素荧光分析技术也越来越广泛地被投入到植物的抗寒特性研究中<sup>[24]</sup>。

由图 6 可知,喷洒抗冻剂的油茶叶绿素荧光参数均略高于对照组。随着时间推移,对照组和喷洒 ABA 的油茶组的叶绿素荧光参数小幅度减小,喷洒  $\text{CaCl}_2$  水溶液的油茶组叶绿素荧光参数先增加后减少,而喷洒抗坏血酸的油茶组则先减小后增大。随着时间推移,4 组油茶的叶绿素荧光参数变化幅度均不大。

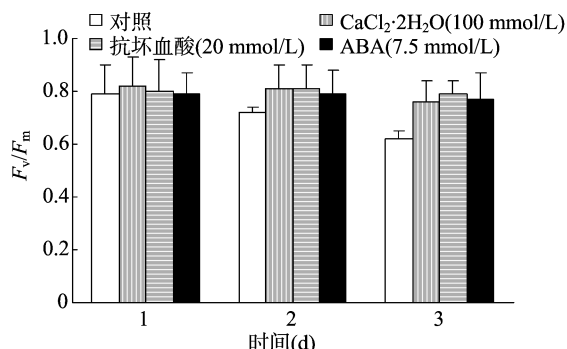


图6 叶绿素荧光参数的变化

## 4 讨论与结论

喷洒抗冻剂油茶组的根系活力强,其可溶性糖、可溶性蛋白质、叶绿素含量和叶绿素荧光参数均高于只喷洒蒸馏水的对照组,只有 MDA 的含量试验组远低于对照组。

低温胁迫会降低植物的根系活力、叶绿素含量和叶绿素荧光参数,喷洒抗冻剂油茶组的这 3 个生理指标均高于对照组,说明抗冻剂会提高植物的根系活力、叶绿素含量和叶绿素荧光参数,可以提高油茶的根系活力和光合作用,增强油茶抗冻性。

低温胁迫会提高植物的可溶性蛋白质、可溶性糖和 MDA 的含量。喷洒抗冻剂油茶组的可溶性蛋白质和可溶性糖含量均高于对照组,喷洒抗冻剂可以提高低温胁迫下油茶的可溶性蛋白质和可溶性糖含量,从而提高油茶细胞保水能力,防止细胞结冰;喷洒抗冻剂油茶组 MDA 含量远低于对照组,说明抗冻剂可以降低低温条件下油茶的 MDA 含量,避免低温条件下油茶产生的 MDA 损伤细胞膜,提高油茶抗冻性。6 组生理指标中,可溶性蛋白质和 MDA 的试验组相对于对照组变化较大,可以大胆猜测,抗冻剂对可溶性蛋白质和 MDA 的影响较为显著。

结合试验数据和分析可以推测,在冬季低温条件下向油茶喷洒抗冻剂可以减少低温胁迫对油茶的损害,提高油茶的抗冻性和适应性,对油茶的栽培和推广技术有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 张晓蕾,章怀云,张党权. 600 °C 下油茶饼粕乙醇提取物与提取残渣热裂解产物的组分分析[J]. 经济林研究,2016,34(2):86-91.
- [2] 刘君昂. 油茶林健康经营关键技术研究[J]. 中南林业科技大学学报,2010,27(2):11-15.
- [3] 林峰,林静绪. 油茶种植前景与营造林技术研究[J]. 安徽农学通报(下半月刊),2012,18(14):140-141.
- [4] 陈家金,王加义,黄川荣,等. 福建省引种台湾青枣的寒冻害风险分析与区划[J]. 中国生态农业学报,2013,21(12):1537-1544.
- [5] 张会. 脱落酸在植物抗性生理中的作用[J]. 安徽农业科学,2013,41(2):490-491.
- [6] 田丹青,葛亚英,刘晓静,等. 外源 ABA 对低温胁迫下蝴蝶兰叶片生理指标的影响[J]. 浙江农业学报,2013,25(1):68-72.
- [7] 姚春燕,姜红霞,朱建一,等. 温度胁迫对紫菜丝状体叶绿素荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学,2011(1):277-282.
- [8] 王小媚,任惠,刘业强,等. 低温胁迫对杨桃品种抗寒生理生化指标的影响[J]. 西南农业学报,2016,29(2):270-275.
- [9] 赵喜亭,蒋丽微,宋萍萍,等. 怀菊菊微滴玻璃化超低温保存再生植株的生理和同工酶分析[J]. 河南农业科学,2016,45(5):114-120.
- [10] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理及技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [12] 张志勇,卜晶晶,王素芳,等. 冠菌素对不同钾水平下 TTC 法测定棉花根系活力的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(5):695-701.
- [13] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006:134-136.
- [14] 苏瑾,王迪海. 黄土区不同林龄刺槐人工林细根的衰老生理

杨 柳,何正军,赵文吉,等. 红景天属植物生长及生理生化特征对遮阴的响应[J]. 江苏农业科学,2018,46(3):106-111.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.03.027

# 红景天属植物生长及生理生化特征对遮阴的响应

杨 柳<sup>1,2,3</sup>, 何正军<sup>4,5</sup>, 赵文吉<sup>4,5</sup>, 贾国夫<sup>4,5</sup>, 来利明<sup>3</sup>, 杜 会<sup>3</sup>, 姜联合<sup>3</sup>,  
周继华<sup>3</sup>, 蔡文涛<sup>3</sup>, 齐淑艳<sup>1</sup>, 郑元润<sup>3</sup>

(1. 沈阳大学, 辽宁沈阳 110044; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院植物研究所, 北京 100093;

4. 四川省草原科学研究院, 四川成都 611731; 5. 红原雪山红景天生物制品有限公司, 四川成都 611731)

**摘要:**为研究不同光照条件下植物生长及生理生化响应特征对栽培管理的重要性,以红景天属植物为研究对象,设置不同光照度的遮阴处理,研究红景天生长及生理生化指标的响应特征。结果表明,与全光照相比,不同遮阴处理下大花红景天株高显著增加;遮阴率为 89% 时,叶质量比显著减小;叶面积比和叶面积根干质量比先增加后减小;丙二醛含量显著下降;超氧化物歧化酶活性显著增加,可溶性糖含量显著下降,其他指标变化不显著。遮阴处理下,狭叶红景天株高、丙二醛含量显著增加,脯氨酸含量和可溶性糖含量指标变化不显著。与全光照相比,85% 遮阴处理下长鞭红景天比叶面积、叶面积比和叶面积根干质量比显著增加,茎干质量、叶干质量和总生物量显著减小,其他指标变化不显著。红景天属植物在不同光照度下通过调整生物量分配格局,改变叶形态,调节丙二醛含量、抗氧化酶活性和渗透调节物质保证自身正常的生长发育。大花红景天在全光照和过度遮阴条件下生长受到影响,65% 的遮阴率较适宜其生长,因此栽培大花红景天时光照度应控制在 41 952 lx 左右。遮阴处理对狭叶红景天和长鞭红景天的生长造成一定程度的影响,应在全光照下进行栽培。

**关键词:**红景天;光照度;生长;生理生化特征;响应;栽培管理;光合作用;遮阴率

**中图分类号:** Q945.79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)03-0106-06

光照是影响植物生存和生长最重要的非生物因素<sup>[1]</sup>,作为植物生长的必需因素之一,光照对植物的生长发育、形态结构和生理生化响应等方面都起着重要的作用<sup>[2-3]</sup>。研究表明,光影响植物叶片形态、解剖构造、生理生化特性等,最终不同程度影响植物的生长发育<sup>[4-7]</sup>。植物正常生长须要适宜的光照度,过高的光照度会导致光抑制,而过低的光照度会限制

光合作用的进行,抑制植物生长<sup>[8-11]</sup>。遮阴会造成光照度下降,植物通常会增加株高、叶面积<sup>[12]</sup>和比叶面积<sup>[13]</sup>,减小根冠比<sup>[14]</sup>,增加叶绿素含量<sup>[15]</sup>,同时会调节丙二醛、脯氨酸和可溶性糖等物质的含量及超氧化物歧化酶活性<sup>[16]</sup>。不同的植物对光的适应不同<sup>[17]</sup>,甚至同种植物的不同发育阶段对光的适应也存在差异,因此了解植物在特定光环境下的形态、生理生化响应及其适应机制对植物的生长至关重要<sup>[1,18]</sup>。

红景天属(*Rhodiola* L.)植物是景天科(Crassulaceae)多年生草本或亚灌木,全世界约有 90 种,主要分布于喜马拉雅、亚洲及北美等地区。我国约有 73 种红景天属植物,其中包括 2 个亚种和 7 个变种<sup>[19]</sup>,主要分布于西南和西北地区,其中在西藏和四川分布的种较多<sup>[20]</sup>。研究表明,红景天主要含有红景天苷、酪醇及其苷类、黄酮及其苷类、萜及其苷类等化学成分<sup>[21-22]</sup>,具有抗老化、抗疲劳、抗缺氧和抗辐射等功效<sup>[23]</sup>,正是由于红景天具有众多的药理作用和商业价值,人们大量挖

收稿日期:2016-09-20

基金项目:国家中医药管理局行业专项(编号:201507002-01);四川省科技支撑计划(编号:2014JZ0005);四川省级科研院所科研项目(编号:2015172)。

作者简介:杨 柳(1991—),女,辽宁抚顺人,硕士研究生,主要从事生物多样性与生物入侵研究。E-mail:yangliu@ibcas.ac.cn。

通信作者:郑元润,博士研究生,研究员,主要从事干旱、半干旱区植被生态学与生态学模型、恢复生态学及荒漠化防治研究。E-mail:zhengyry@ibcas.ac.cn。

特征[J]. 生态学报,2016,36(14):1-7.

[15]郭淑红,薛 立,张 柔,等. 4 种幼苗对低温胁迫的光合生理响应[J]. 华南农业大学学报,2012,33(3):373-377.

[16]缪秀梅,张丽静,陈晓龙,等. 水分胁迫下白沙蒿幼苗抗性与其膜脂构成关系研究[J]. 草业学报,2015,24(2):55-61.

[17]朱 月,赵雪梅,唐立红. 低温对几种引种紫斑牡丹叶片可溶性糖含量的影响[J]. 北方园艺,2012(2):62-64.

[18]Hua X. Changes of protective enzyme activity and MDA content in leaves of *Agropyron cristatum* under grazing stress[J]. Agricultural Basic Science and Technology,2015,16(1):22-24.

[19]高福元,张吉立,刘振平,等. 持续低温胁迫对园林树木电导率和丙二醛含量的影响[J]. 山东农业科学,2010(2):47-49.

[20]阿孜古丽. 冬季低温对苜蓿根内可溶性糖和丙二醛含量的影响[J]. 新疆农业科技,2011(4):50.

[21]杨 猛,魏 玲,胡 萌,等. 低温胁迫对玉米幼苗光合特性的影响[J]. 东北农业大学学报,2012,43(1):66-70.

[22]曹 宏,王 玺,王晓丽,等. 低温逆境下氯化胆碱包衣对玉米种子萌发及幼苗生理生化指标的影响[J]. 玉米科学,2011,19(3):102-104,109.

[23]李 想,史世京,曹 颖,等. 冷冻胁迫下毛竹叶绿素荧光参数变化及抗寒相关转录因子表达[J]. 福建林学院学报,2014,34(1):57-63.

[24]陈 辰,何小定,秦金舟,等. 4 种含笑叶片叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  特性的比较[J]. 安徽农业大学学报,2013,40(1):32-37.