

# The Physiological Change of Crassulaceae Plant under Low-Temperature

Qingjun Huang<sup>1,2</sup>, Hongwei Wang<sup>1</sup>, Chunliang Zhou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Engineering Research Center of Urban Plant Resource Development, Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Institute of Technology, Shanghai

Email: [huangqingjun@163.com](mailto:huangqingjun@163.com)

Received: Aug. 3<sup>rd</sup>, 2016; accepted: Sep. 23<sup>rd</sup>, 2016; published: Sep. 26<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

We study on cold-resistance of plants about 9 species (varieties) in Crassulaceae including *Sedum*, *Sempervivum*, *Orostachys* and *Crassula*. We also test the relative electrical conductivity, relative water content, soluble protein, malondialdehyde (MDA) content through low-temperature tolerance, and make a comprehensive analysis. Results show that the selected Crassulaceae plants can be divided into three levels on the basis of cold-resistant ability. From strong to weak, the three levels are the following: the level I is *Sempervivum tectorum*, *Sempervivum Ciliosum* cv. Stansfieldii and *Orostachys fimbriatus*; the level II is *Sedum spurium* cv. Coccineum, *S. polytrichoides*, *S. lineare*, *S. lineare* cv. Yellowleaf; the level III is *Crassula muscosa*, *C. erosula* cv. Campfire.

## Keywords

Crassulaceae, Low-Temperature Tolerance, Physiological Indexes, Cold-Resistant Ability

# 低温胁迫下景天科多肉植物的生理变化

黄清俊<sup>1,2</sup>, 王宏伟<sup>1</sup>, 周纯亮<sup>1</sup>

<sup>1</sup>上海城市植物资源开发应用工程技术研究中心, 上海

<sup>2</sup>上海应用技术大学, 上海

Email: [huangqingjun@163.com](mailto:huangqingjun@163.com)

收稿日期: 2016年8月3日; 录用日期: 2016年9月23日; 发布日期: 2016年9月26日

## 摘要

本文对景天科中景天属、长生草属、瓦松属、青锁龙属等4个属9个种(品种)的植物开展耐寒性研究。通过低温胁迫,测试相对电导率、相对含水量、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)含量等生理指标,并进行综合分析。结果表明所选景天科的植物其耐寒能力由强到弱可以明显分三个层次:Ⅰ层次是长生草属的观音莲、紫牡丹以及瓦松属的逆弁庆草;Ⅱ层次是景天属的胭脂景天、中华景天、佛甲草、黄金佛甲草;Ⅲ层次是青锁龙属的青锁龙、火祭。

## 关键词

景天科, 低温胁迫, 生理指标, 耐寒能力

## 1. 引言

多肉植物常用于屋顶绿化和垂直绿化,但是大多数多肉植物需要生长在温度大于 5℃的环境,其应用范围受到限制。主要原因是多肉植物由于其植物体内含水量较高,温度过低容易造成低温伤害,尤其接近水的冰点 0℃时,植物外部形态及内部生理指标会有巨大的变化[1][2]。但是,多肉植物大科——景天科多肉植物中却有不少种类的植物可以承受一定程度的低温,故从景天科筛选耐寒植物可以为冬季城市绿化尤其屋顶绿化或垂直绿化提供更丰富的选择。关于景天科耐寒的研究,国内外都有报道[3]-[6],但本实验所取的植物材料或方法与之不同,目的则是为从景天科中筛选耐寒植物提供进一步的理论依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料及其处理

从不同市场上分别购得实验材料佛甲草(*Sedum lineare*)、黄金佛甲草(*Sedum lineare* cv. Yellowleaf)、中华景天(*Sedum polytrichoides*)、胭脂景天(*Sedum spurium* cv. Coccineum)、逆弁庆草(*Orostachys fimbriatus*)、观音莲(*Sempervivum tectorum*)、紫牡丹(*Sempervivum Ciliosum* cv. Stansfieldii)、青锁龙(*Crassula muscosa*)、火祭(*Crassula erosula* cv. Campfire)。

取待测植物的盆栽苗在 0℃ (在冰箱 DW-YL270 中)进行低温胁迫处理 1 天(24 小时),常温 25℃下做对照。处理结束后,剪取其与对照组(CK)相同部位的成熟叶片进行细胞膜透性、相对含水量、可溶性蛋白、以及丙二醛(MDA)含量生理指标检测。各处理均设 3 次重复。

### 2.2. 实验方法

所取样品送至植物生理实验室。细胞膜透性采用电导仪法[7]用 DDS-307 进行测定,相对电导率 = 样品常温电导率/样品煮沸电导率 × 100%;相对含水量测定含水量计算方法:含水量 = (鲜重-干重)/鲜重 × 100%;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮兰 G-250 比色法测定[7];丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸提取法测定[7]。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 细胞膜透性

0℃胁迫下,9 种景天科 4 个属的植物相对电导率变化见表 1。

**Table 1.** The change of relative electrical conductivity under 0°C tolerance test (% gFW)**表 1.** 0°C胁迫下相对电导率的变化(% gFW)

品种名	对照组相对电导率 CK	0°C胁迫下相对电导率	0°C胁迫后相对电导率的变化率
佛甲草	20.2	24.9	23.2
黄金佛甲草	22.3	28.2	26.5
中华景天	15.6	18.8	20.5
胭脂景天	21.3	25.3	18.8
逆弃庆草	10.7	12.4	15.9
观音莲	16.5	18.9	14.5
紫牡丹	18.2	21.2	16.5
青锁龙	26.8	47.8	78.4
火祭	28.4	52.2	83.8

表 1 显示: 整体来看, 在 0°C 胁迫处理前后对比, 全部受检植物的相对电导率都有上升, 表明 0°C 胁迫下导致相对电导率提高。这是因为不良胁迫导致细胞内电解质渗出, 从而使组织浸出液的电导率测量值增大。

植物细胞电导率可以反映植物在不良胁迫条件下其生物膜透性的伤害程度: 变化率(幅度)越大受伤害程度越大, 反之则小。表 1 还可以看出, 在 0°C 下, 2 种青锁龙属植物相对电导率的变化率较高, 其中火祭幅度最大。长生草属、瓦松属相对较低。依次排列为(从高到低): 火祭 > 青锁龙 > 黄金佛甲草 > 佛甲草 > 中华景天 > 胭脂景天 > 紫牡丹 > 逆弃庆草 > 观音莲。

根据相对电导率的变化率能反映胁迫条件下植物的抗性强弱, 即抗性弱的植物或受害较重的植物相对电导率的变化率大, 反之, 则反映植物抗性强或植物受害程度较弱[8]。因此抗低温能力则为观音莲 > 逆弃庆草 > 紫牡丹 > 胭脂景天 > 中华景天 > 佛甲草 > 黄金佛甲草 > 青锁龙 > 火祭。其中火祭、青锁龙相对电导率的变化率大于 50%, 依据 Sukumaran (1972) 等曾提出以 50% 电解质渗出率相对的温度为临界致死温度 LT50, 火祭、青锁龙说明它们的半致死温度至少为 0°C。

### 3.2. 相对含水量

0°C 胁迫下, 供试材料的植物相对含水量变化见表 2。

表 2 显示: 经低温胁迫处理后, 9 种景天科 4 个属的植物的叶片相对含水量均呈下降趋势, 其中, 火祭的降幅最大, 比其 CK 的 69.7% 减少了 15.1 个百分点, 观音莲的降幅最小为 2.1 个百分点。植物相对含水量是植物细胞正常生理活动的基础, 当植物在受不利逆境胁迫时, 细胞质会浓缩, 表现为植物叶片的相对含水量下降, 以降低代谢活跃性, 保护机体尽可能免受伤害。从相对含水变化率看, 可认为相对含水量变化较小的观音莲和逆弃庆草耐性较好。因此抵抗低温能力从高到低为观音莲 > 逆弃庆草 > 紫牡丹 > 胭脂景天 > 中华景天 > 佛甲草 > 黄金佛甲草 > 青锁龙 > 火祭。

### 3.3. 可溶性蛋白

0°C 胁迫下, 供试材料的植物可溶性蛋白变化见表 3。

表 3 显示: 经低温胁迫处理后, 9 种景天科 4 个属的植物的叶片可溶性蛋白含量均呈上升趋势, 其中, 紫牡丹的增幅最大, 比其 CK 的增加了 11.5 百分点, 青锁龙的增幅最小为 2.3 个百分点。根据以往大量实验证明, 可溶性蛋白在低温不良胁迫下是呈增加趋势的。细胞内蛋白质含量的增加一方面

**Table 2.** The change of relative water content under 0°C tolerance test (% gFW)**表 2.** 0°C胁迫下相对含水量的变化(% gFW)

品种名	对照组相对含水量 CK	0°C胁迫下相对含水量	0°C胁迫后相对含水量变化率
佛甲草	85.2	79.7	-6.5
黄金佛甲草	86.5	80.8	-6.6
中华景天	83.2	79.4	-4.6
胭脂景天	81.9	79.2	-3.3
逆弃庆草	80.3	78.5	-2.2
观音莲	78.5	76.9	-2.1
紫牡丹	77.9	75.2	-3.5
青锁龙	81.1	71.1	-12.3
火祭	82.1	69.7	-15.1

**Table 3.** The change of soluble protein under 0°C tolerance test (mg/gFW)**表 3.** 0°C胁迫下可溶性蛋白含量的变化(mg/gFW)

品种名	对照组可溶性蛋白 CK	0°C胁迫下可溶性蛋白含量	0°C胁迫下可溶性蛋白含量变化率
佛甲草	0.23	0.25	8.7
黄金佛甲草	0.19	0.20	5.3
中华景天	0.33	0.36	9.1
胭脂景天	0.56	0.61	8.9
逆弃庆草	0.41	0.45	9.8
观音莲	0.28	0.31	10.7
紫牡丹	0.26	0.29	11.5
青锁龙	0.44	0.45	2.3
火祭	0.35	0.36	2.8

内相对含水量的减少，另一方面是可溶性蛋白质增加有利于抵抗低温胁迫。故抗寒力强的品种可溶性蛋白质增加幅度较大，抗寒性差的品种增加幅度小。从可溶性蛋白质变化看，可溶性蛋白质变化较大的紫牡丹和观音莲抗性较好。因此，从可溶性蛋白质变化看，抵抗低温能力从高到低依次为紫牡丹 > 观音莲 > 逆弃庆草 > 中华景天 > 胭脂景天 > 佛甲草 > 黄金佛甲草 > 火祭 > 青锁龙。

### 3.4. 丙二醛(MDA)

0°C胁迫下，供试材料的植物丙二醛(MDA)变化见表 4。

表 4 显示：经低温胁迫处理后，9 种景天科 4 个属的植物的叶片丙二醛(MDA)也是均呈上升趋势，其中，火祭的增幅最大，比其 CK 增加了 33.9 个百分点，观音莲的增幅最小为 5.8 个百分点。丙二醛(MDA)是细胞膜受损程度的一个重要指标数据，逆境条件下，膜脂会发生过氧化，当有大量 MDA 积累时，表明植物细胞收到严重的损伤或破坏。

从丙二醛(MDA)变化看，MDA 变化较小的长生草属的紫牡丹和观音莲受到的损害最小，表明抗性较好，而青锁龙属的火祭、青锁龙的 MDA 变化较大，细胞受到的损害最大，表明抗性较差。因此，从 MDA 变化看，抵抗低温能力从高到低依次为紫牡丹 > 观音莲 > 逆弃庆草 > 中华景天 > 胭脂景天 > 佛甲草 > 黄金佛甲草 > 火祭 > 青锁龙。

**Table 4.** The change of malondialdehyde (MDA) content under 0°C tolerance test (nmol/gFW)**表 4.** 0°C胁迫下丙二醛(MDA)的变化(nmol/gFW)

品种名	对照组丙二醛含量 CK	0°C胁迫下丙二醛含量	0°C胁迫下丙二醛含量变化率
佛甲草	8.9	10.2	14.5
黄金佛甲草	8.6	9.9	15.3
中华景天	12.3	13.8	12.3
胭脂景天	15.7	17.3	10.1
逆弃庆草	15.9	17.0	6.9
观音莲	17.1	18.1	5.8
紫牡丹	15.8	16.9	7.2
青锁龙	6.1	7.8	27.9
火祭	5.3	7.1	33.9

#### 4. 讨论与结论

低温胁迫下,植物细胞会发生一系列生理生化变化。其中相对电导率、相对含水量、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)含量等是较为常用的生理抗逆指标。如黄希莲[9]等利用上述指标测定低温处理下9种绿篱植物抗寒性生理变化,并进行耐寒能力的综合排序。

在本实验中,相对电导率、相对含水量、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)含量的变化也都基本反映了测试植物的耐寒能力。同时发现以上各指标的之间的变化具有一定的协同性。植物体细胞受到胁迫并有较严重的破坏时,相对电导率的变化率和丙二醛(MDA)含量变化率都大大增加。从测试结果也可以看出,抗寒性弱的青锁龙属火祭、青锁龙二项指标都非常高。而胁迫时植物相对含水量降低与植物体可溶性蛋白上升实际上得到相同结果,就是都提升了细胞原生质浓度,减少代谢活性,以避免逆境伤害。但在指标上,相对含水量降低少的则被认为对低温不敏感具有较强的抗低温能力,观音莲和逆弃庆草耐性较好,而火祭、青锁龙相对含水量变化较大而耐性较差。可溶性蛋白上升与植物抗胁迫能力是呈正相关的,可溶性蛋白质变化较大的紫牡丹和观音莲抗性较好。

同类研究中,有作者孟庆芳[6]取材胭脂景天、松塔景天(*S. nicaeense*)和六棱景天(*S. sexsangular*)为试验材料”,依据细胞膜透性、丙二醛含量、相对含水量、束缚水含量等指标进行测定分析得出这3种景天抗寒性强弱依次为松塔景天 > 六棱景天 > 胭脂景天。而王璐璐[3]对4种景天属植物抗寒性研究,其结论是植物抗寒能力依次为:胭脂景天 > 中华景天 > 佛甲草 > 凹叶景天(*S. emarginatum*)。

综合本实验相对电导率、相对含水量、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)含量4项指标,所选景天科4个属9个种(品种)的植物其耐寒能力由强到弱可以明显分三个层次:第I层次是可以适应0°C及以下更低温度的环境,它们是长生草属的观音莲、紫牡丹以及瓦松属的逆弃庆草,它们其中观音莲多项指标领先,抗寒能力为最强,逆弃庆草与紫牡丹则指标差异较小,还需要增加其他指标测定以确定;第II层次是可以适合0°C左右温度的环境,它们是景天属的胭脂景天、中华景天、佛甲草、黄金佛甲草。其中胭脂景天和中华景天耐寒抗性指标强于佛甲草和黄金佛甲草。胭脂景天和中华景天,以及佛甲草和黄金佛甲草的比较也需要增加其他指标测定以确定;耐寒最差的第III层次是必须生活在0°C以上环境中。它们是青锁龙属的青锁龙、火祭。其中青锁龙有三项指标胜于火祭,故耐寒抗性略强于火祭。

#### 基金项目

项目得到“上海城市植物资源开发应用工程技术研究中心”的资助。课题编号 G201505。

## 参考文献 (References)

- [1] 徐燕, 薛立, 屈明. 植物抗寒性的生理生态学机制研究进展[J]. 林业科学, 2007, 43(4): 88-94.
- [2] 徐呈祥. 提高植物抗寒性的机理研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7966-7980.
- [3] 王璐璐. 4种景天属植物抗寒性研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [4] 张杰, 李海英. 上海地区轻型屋顶绿化景天属植物的耐湿热性研究[J]. 河南农业科学, 2010(10): 104-107.
- [5] 王倩, 冷平生, 关雪莲, 薛媛, 侯爱娟. 九种景天植物在越冬期间生理生化指标的变化[J]. 北方园艺, 2010(19): 114-117.
- [6] 孟庆芳, 沈漫, 刘婷, 王志忠. 3种景天植物低温适应性的研究[J]. 北京农学院学报, 2011, 26(2): 50-53.
- [7] 白宝璋. 植物生理生化测试技术[M]. 北京: 中国科技出版社, 1995: 83-147.
- [8] 仲强, 康蒙, 郭明, 王希华, 王良衍. 浙江天童常绿木本植物的叶片相对电导率及抗寒性[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2011(4): 45-52.
- [9] 黄希莲, 罗充, 宋丽莎. 低温胁迫对贵阳市9种绿篱植物抗寒性生理生化指标的影响[J]. 广东农业科学, 2012(2): 47-50.

### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [br@hanspub.org](mailto:br@hanspub.org)