

文章编号:1001-7380(2016)03-0005-04

# 低温胁迫对4种景天属植物恢复生长后的生理影响

王璐珺<sup>1,2</sup>, 丁彦芬<sup>1</sup>

(1. 常州大学艺术学院, 江苏 常州 213164; 2. 南京林业大学风景园林学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:**以佛甲草、胭脂红景天、凹叶景天和中华景天4种景天属植物为试验材料进行人工低温处理(0, -3, -6, -9, -12, -15 ℃)24 h。低温处理后在20 ℃、相对湿度70%的人工气候箱内恢复生长15 d,再对其叶片各项生理指标进行测定。结果表明,恢复生长中,相对电导率由大到小依次是凹叶景天>佛甲草>中华景天>胭脂红景天;叶绿素由大到小依次是中华景天>胭脂红景天>凹叶景天>佛甲草;SOD活性由大到小依次是佛甲草>凹叶景天>中华景天>胭脂红景天;可溶性蛋白含量由大到小依次是佛甲草>凹叶景天>胭脂红景天>中华景天;MDA含量由大到小依次是佛甲草>凹叶景天>胭脂红景天>中华景天;脯氨酸含量由大到小依次是胭脂红景天>佛甲草>凹叶景天>中华景天。根据作者人工低温处理直接测定的结论,进一步论证了4种景天属植物抗寒能力依次为胭脂红景天>中华景天>佛甲草>凹叶景天。

**关键词:**低温胁迫;恢复生长;景天属植物;抗寒性

**中图分类号:**S682 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2016.03.002

## Effects of low temperature stress on the physiology in the recovery growth of four plants of *sedum* sp

WANG Lu-jun<sup>1,2</sup>, DING Yan-fen<sup>1</sup>

(1. School of Art Changzhou University, Changzhou 213164, China;

2. College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** The plants of *Sedum lineare*, *S. spurium* 'Coccineum', *S. emarginatum* and *S. hispanicum* were treated with low temperature (0, -3, -6, -9, -12, -15 ℃) for 24 h, then put in the artificial climate box with 20 ℃ and 70% of relative humidity and then the physiological indexes were tested. The results showed that in the recovery growth process, relative electric conductivity, from higher to lower, was *S. emarginatum* > *S. lineare* > *S. hispanicum* > *S. spurium* 'Coccineum'. Total chlorophyll, in order, was *S. hispanicum* > *S. spurium* 'Coccineum' > *S. emarginatum* > *S. lineare*. The order of SOD activities was *S. lineare* > *S. emarginatum* > *S. hispanicum* > *S. spurium* 'Coccineum'. Soluble protein content order was *S. lineare* > *S. emarginatum* > *S. spurium* 'Coccineum' > *S. hispanicum*. As for MDA content, the order was *S. lineare* > *S. emarginatum* > *S. spurium* 'Coccineum' > *S. hispanicum*. For proline content, the order was *S. spurium* 'Coccineum' > *S. lineare* > *S. emarginatum* > *S. hispanicum*. The cold resistance of *S. spurium* 'Coccineum' and *S. hispanicum* were better than that of *S. lineare* and *S. emarginatum*. Combined with previous conclusions of low temperature treatment, the cold-resistance ability of them had been further demonstrated, showed in order as *S. spurium* 'Coccineum' > *S. hispanicum* > *S. lineare* > *S. emarginatum*.

**Key words:** Low temperature stress; Recovery growth; *Sedum* sp; Cold resistance

景天属植物耐旱,成活率高,观赏性状优良,在园林绿化中用做地被植物,有越来越广泛的趋势。特别是随着节约型园林与屋顶绿化的进一步发展,景天属植物引起了更密切的关注与更广泛的应

用<sup>[1-3]</sup>。景天属植物资源丰富,但目前园林中已经开发应用的种类还比较少,其相关生理生态研究不多,尤其是抗寒性方面的研究。为此,本研究选用4种景天属植物为试验材料,进行抗寒性试验,这4种

收稿日期:2016-04-21;修回日期:2016-05-09

作者简介:王璐珺(1984-),女,江苏常州人,讲师,硕士。主要从事园林植物生理及应用研究。E-mail:wanglujun2007@cczu.edu.cn。

材料笔者曾经做过低温胁迫对其生长和生理影响的研究,并得出了这4种景天属植物抗寒性的强弱<sup>[4]</sup>,但是笔者认为,抗寒性的强弱仅仅通过低温胁迫得出结论是不全面的,应该在低温胁迫后进一步进行恢复生长试验,验证低温处理后植株本身的恢复能力,以进一步了解植株抗寒性的强弱。所以,本次研究将4种景天属植物低温处理后在一定的温度、湿度条件下进行恢复生长试验比较,以期筛选出抗性强的品种,为选择低成本、易维护、适于大面积推广应用的园林地被材料提供一定的理论和实践依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

本试验选用佛甲草(*Sedum lineare*)、胭脂红景天(*S. spurium 'Coccineum'*)、凹叶景天(*S. emarginatum*)和中华景天(*S. hispanicum*)4种景天属植物为试验材料。

### 1.2 材 料 处 理

9月上旬将试验材料植于口径18 cm、高20 cm的花盆中,每种植物100盆。所用盆土为园土和腐殖质土按体积调配而成,进行正常管理。

### 1.3 试 验 方 法

将4种植物进行人工低温处理,低温处理后在人工气候箱进行恢复生长。

首先于同年12月取出4种植物(带土球),然后对试验材料进行如下低温处理:经0℃锻炼12 h后,进行低温处理(在冰箱中进行)。处理温度分别为0, -3, -6, -9, -12, -15℃(每个梯度中每个品种各取6盆放入冰箱,共24盆),每级温度处理24 h。每个梯度处理完毕后,分别取出,装入充满水蒸气的塑料袋中,置2℃冰箱中缓慢解冻12 h,室温下恢复12 h,各处理均设重复3次<sup>[5-6]</sup>。

低温处理后恢复生长时间为15 d(在冷冻处理恢复室温之后开始计算)<sup>[7]</sup>,恢复生长在人工气候箱,设置温度为20℃,相对湿度为70%,然后进行各项理化指标的测定,每个处理均设重复3次。

### 1.4 测 定 项 目 及 方 法

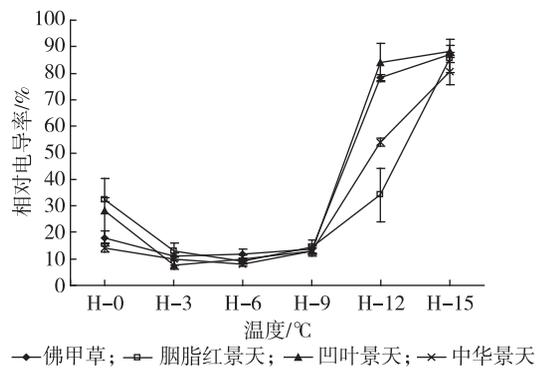
相对电导率采用电导率仪法测定<sup>[8]</sup>;叶绿素含量的测定采用丙酮-乙醇法<sup>[8]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)的测定采用氮蓝四唑(NBT)法<sup>[9]</sup>;可溶性蛋白含量(SPC)的测定采用考马斯亮蓝法<sup>[10]</sup>;丙二醛(MDA)的测定采用王学奎的方法<sup>[9]</sup>;脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮比色法测定<sup>[11]</sup>。

## 2 结 果 与 分 析

### 2.1 恢 复 生 长 后 相 对 电 导 率 的 变 化

如图1可知,经过15 d生长恢复,4种景天属植物的相对电导率总体呈上升趋势。经0, -3℃低温胁迫后恢复生长15 d,电导率呈小幅度下降趋势。在-3℃到-9℃之间恢复生长15 d后,相对电导率变化幅度较小,在-9℃恢复生长15 d后,4种植物的相对电导率呈大幅度上升趋势,在-12℃恢复生长15 d后,相对电导率分别是佛甲草78.38%,胭脂红景天34.04%,凹叶景天84.13%,中华景天53.99%;与-9℃恢复生长15 d后相比,增涨幅度分别为467.97%,132.65%,549.61%,318.44%。

与先前作者所进行的人工低温-9℃时直接测定值相比,-9℃恢复生长15 d后的相对电导率增涨幅度分别为佛甲草-54.31%,胭脂红景天-43.75%,凹叶景天34.77%,中华景天-25.54%。说明在-9℃时,植物叶片受害程度较轻,透性变化是可逆的。而与人工低温-12℃时直接测定值相比,-12℃恢复生长15 d后的相对电导率增涨幅度分别为佛甲草35.68%,胭脂红景天26.01%,凹叶景天52.25%,中华景天37.68%。说明这4种植物在-12, -15℃时受害严重,不能恢复正常,已经发生伤害和死亡。



H-0, H-3, H-6, H-9, H-12, H-15 分别表示经过0, -3, -6, -9, -12, -15℃低温胁迫,恢复生长15 d后测得的数值

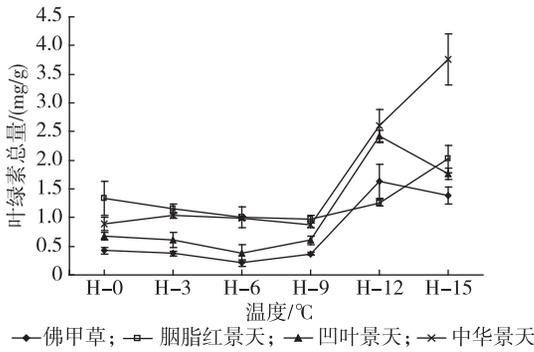
图1 恢复生长后叶片的相对电导率

### 2.2 恢 复 生 长 后 叶 绿 素 总 量 的 变 化

如图2可知,经过15 d生长恢复,4种景天属植物的叶绿素总量总体呈上升趋势。-15℃与-0℃结果相比,上升幅度分别为佛甲草226.75%,胭脂红景天51.71%,凹叶景天160.86%,中华景天321.84%。

与先前进行的人工低温-12℃直接测定值相比,-12℃恢复生长15 d后的叶绿素总量增涨幅度分别

为佛甲草 519.32%, 胭脂红景天 38.73%, 凹叶景天 609.03%, 中华景天 328.3%; 而与人工低温-15℃时直接测定值相比,-15℃恢复生长15d后叶绿素总量的涨幅分别为佛甲草 570.61%, 胭脂红景天 137.59%, 凹叶景天 519.56%, 中华景天 584.33%。

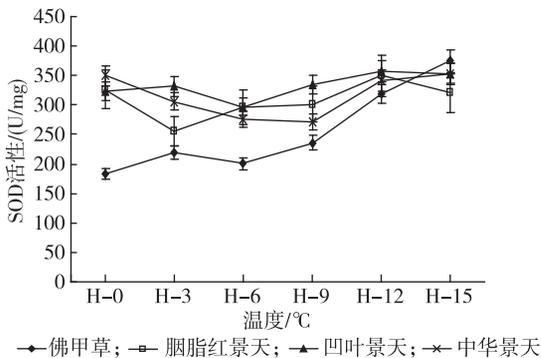


H-0, H-3, H-6, H-9, H-12, H-15 分别表示经过 0, -3, -6, -9, -12, -15℃低温胁迫, 恢复生长 15 d 后测得的数值

图2 恢复生长后叶片叶绿素总量

### 2.3 恢复生长后超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化

结果如图3。经过15d生长恢复,4种景天属植物SOD活性的变化比较复杂,总体呈上升趋势。佛甲草和凹叶景天的走向趋势很相近,与-0℃相比,-15℃的SOD上升幅度分别为佛甲草上升了103.91%,凹叶景天上升了9.7%,胭脂红景天上升了-1.89%,中华景天上升了0.73%。佛甲草上升幅度较大,凹叶景天次之,胭脂红景天略有下降。



H-0, H-3, H-6, H-9, H-12, H-15 分别表示经过 0, -3, -6, -9, -12, -15℃低温胁迫, 恢复生长 15 d 后测得的数值

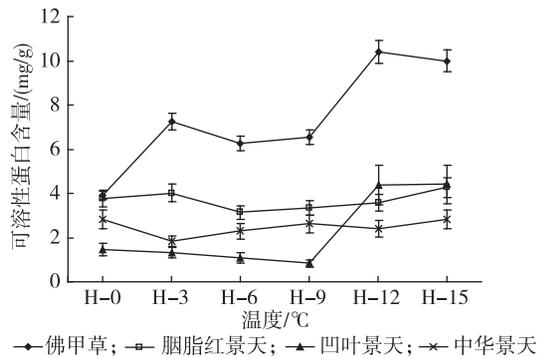
图3 恢复生长后叶片SOD活性

### 2.4 恢复生长后可溶性蛋白含量的变化

如图4可知,经过15d生长恢复,4种景天属植物可溶性蛋白含量均呈上升趋势。佛甲草和凹叶景天上升幅度较大,分别上升了156.48%,202.1%;胭脂红景天和中华景天上升幅度较小,分别上升了

13.15%, -0.18%。

与先前作者进行的人工低温-12℃处理后直接测定值相比,-12℃恢复生长15d后的可溶性蛋白含量涨幅分别为佛甲草129.92%,胭脂红景天-6.62%,凹叶景天232.31%,中华景天-33.45%,而与人工低温-15℃时相比,-15℃恢复生长15d后的涨幅分别为佛甲草166.3%,胭脂红景天26.99%,凹叶景天324.43%,中华景天-12.5%。

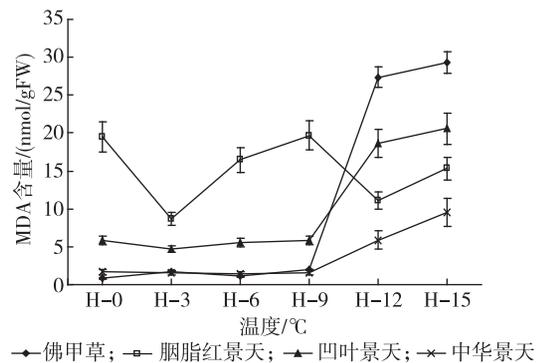


H-0, H-3, H-6, H-9, H-12, H-15 分别表示经过 0, -3, -6, -9, -12, -15℃低温胁迫, 恢复生长 15 d 后测得的数值

图4 恢复生长后叶片可溶性蛋白含量

### 2.5 恢复生长后丙二醛(MDA)含量的变化

如图5可知,经过15d生长恢复,佛甲草、凹叶景天、中华景天的MDA含量均呈上升趋势,这3种植物在-0,-3,-6,-9℃时变化幅度较小,-9℃之后开始迅速上升,到-15℃时,MDA含量分别为佛甲草29.3nmol/gFW,凹叶景天20.59nmol/gFW,中华景天9.54nmol/gFW,与人工低温-15℃时相比,上升幅度分别为2193%,378.58%,615%;而胭脂红景天的MDA含量呈下降趋势,与-0℃相比,下降了21.62%,与人工低温-15℃时相比,下降了45%。

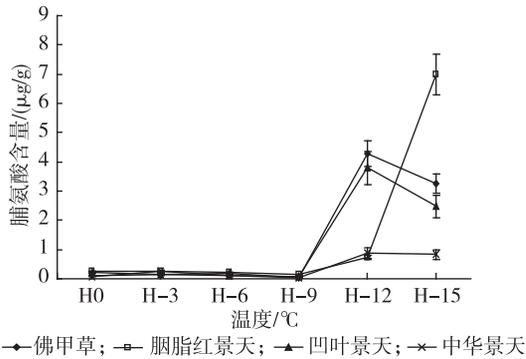


H-0, H-3, H-6, H-9, H-12, H-15 分别表示经过 0, -3, -6, -9, -12, -15℃低温胁迫, 恢复生长 15 d 后测得的数值

图5 恢复生长后叶片丙二醛含量

## 2.6 恢复生长后脯氨酸含量的变化

如图6可知,经过15 d生长恢复,4种景天的脯氨酸含量变化趋势很相近,总体趋势是上升的,在-9℃后迅速上升,在-12℃时分别是4.285,0.728,3.792,0.881 μg/g,比-9℃时分别上升了12 123.31%,431.27%,5 707.67%,2 688.52%。



H-0, H-3, H-6, H-9, H-12, H-15 分别表示经过0, -3, -6, -9, -12, -15℃低温胁迫,恢复生长15 d后测得的数值

图6 恢复生长后叶片脯氨酸含量

## 3 结论和讨论

本研究测定了4种景天属植物在人工低温处理之后恢复生长的生理指标,为进一步研究4种景天属植物的抗寒机理提供了一定的理论依据。

根据恢复生长试验的观察,-9℃处理后4种景天属植物的存活率都大于50%,-12℃处理后佛甲草、凹叶景天、中华景天的存活率低于50%,-15℃处理后胭脂红景天的存活率低于50%。恢复生长后再测定与人工低温处理后直接测定的相对电导率测定结果趋势是一致的<sup>[4]</sup>。因此,相对电导率可作为判断植物抗寒力强弱的重要指标之一,相对电导率与抗寒性呈负相关。恢复生长中电导率是胭脂红景天最低,凹叶景天和佛甲草较高,中华景天居中,其抗寒性与其恢复力较为一致,胭脂红景天恢复力较好,中华景天次之,凹叶景天和佛甲草最差。

叶绿素含量可以作为植物抗寒性鉴定的指标之一<sup>[12-13]</sup>。恢复生长试验中,凹叶景天和佛甲草叶绿素含量较低,中华景天叶绿素含量最高,胭脂红景天叶绿素含量居中。说明在恢复生长中凹叶景天和佛甲草恢复力较差,中华景天和胭脂红景天恢复力相对较好。

低温能增加植物体内活性氧的含量,降低SOD活性,膜脂氧化作用加强<sup>[14]</sup>。在低温胁迫初期,可

能是植物细胞对低温胁迫因子的一种保护性应激反应导致SOD活性的上升,随着低温胁迫时间的延长,保护酶的酶活性呈现下降趋势,表明低温胁迫对保护酶产生了伤害,从而使得膜脂过氧化作用加剧了。在恢复生长中,SOD活性最高的是佛甲草,然后是凹叶景天和中华景天,胭脂红景天最低。

在恢复生长中,佛甲草的可溶性蛋白含量最高,然后是凹叶景天和胭脂红景天,中华景天最低。

在恢复生长中,MDA含量由大到小依次是佛甲草、凹叶景天、胭脂红景天和中华景天。说明中华景天恢复力较好,胭脂红景天次之,凹叶景天和佛甲草最差。

脯氨酸与抗寒性的关系,一般主要有2种观点:一种观点是2者存在一定的相关性<sup>[15-16]</sup>;另一种观点是,游离脯氨酸的累积与抗寒性无关<sup>[17-18]</sup>。在低温胁迫下,许多植物体内游离脯氨酸含量都增加<sup>[19]</sup>。游离脯氨酸的大量积累被认为是对低温胁迫的适应性反应。植物体内脯氨酸的增加,有利于抵抗不良环境。在恢复生长中,脯氨酸含量由大到小依次是胭脂红景天、佛甲草、凹叶景天和中华景天。

景天属植物的抗寒能力是由诸多因素共同决定,所以单一的低温胁迫指标并不能完全证明其抗寒能力的差异,低温处理是为了模拟低温环境对植物进行胁迫,而恢复生长后再测生理指标,是为了验证低温处理后植株本身的恢复能力,这样测定生理指标才更具有现实的应用意义。结合笔者前期所做试验得出的结论<sup>[4]</sup>,进一步论证了这4种景天属植物抗寒能力的强弱为胭脂红景天>中华景天>佛甲草>凹叶景天。该试验也为后续的以多元数学分析方法进行综合性的抗性评价提供必备的素材和研究性基础结论。

### 参考文献:

- [1] 吴焕忠,罗建春. 屋顶绿化建植的探讨[J]. 四川林勘设计, 2002(4): 29-31.
- [2] 骆高远. 城市屋顶花园对城市气候影响方法研究[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(4): 373-379.
- [3] 朱向红,姜增彬. 打造屋顶花园,改善居住环境[J]. 南方金属, 2002(5): 53-55.
- [4] 王璐璐,丁彦芬,田治国. 低温胁迫对4种景天属植物生长和生理的影响[J]. 中国农业信息, 2013(11): 117-120
- [5] 邵文鹏. 几种常绿阔叶植物抗寒性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.

(下转第11页)

## 4 讨论

辛硫磷和氟虫腈作为林业重要杀虫剂得到了广泛的使用与研究。本文试图研究在杨树害虫的防治中使用辛硫磷和氟虫腈这2种药剂对杨树PPO的活性的影响,以期杀虫剂更为安全有效的使用提供理论基础。

此研究表明辛硫磷和氟虫腈可以诱导杨树PPO活性,已有大量研究表明PPO与植物抗虫抗病性有密切的关系<sup>[4-8]</sup>。因此,辛硫磷和氟虫腈不仅能直接对害虫起毒杀作用,还能通过诱导PPO活性影响杨树的生理生化活性,从而提高杨树对害虫的抗性。但这一推测还需进一步试验加以验证。

### 参考文献:

- [1] 徐郭明,马志卿,冯俊涛,等.毒死蜱和鬼臼毒素对蔬菜上海青抗氧化酶系及丙二醛的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(6):1089-1092.
- [2] 吴进才,许俊峰,冯绪猛,等.稻田常用农药对水稻三个品种生理生化的影响[J].中国农业科学,2003,36(5):536-541.
- [3] 王业霞,史雪岩,梁沛,等.三种内吸性杀虫剂对棉花多酚氧

化酶和羧酸酯酶活性的影响[J].农药学学报,2006,18(4):319-322.

- [4] 王曼玲,胡中立,周明全,等.植物多酚氧化酶的研究进展[J].植物学通讯,2005,22(2):215-222.
- [5] 贺立红,宾金华.高等植物中的多酚氧化酶[J].植物生理学通讯,2001,37(4):340-345.
- [6] 李斌,黎秋华,杨宏伟,等.植物多酚氧化酶分子生物学研究进展[J].广东茶业,2003(4):25-28.
- [7] 黄明,彭世清.植物多酚氧化酶研究进展[J].广西师范大学学报(自然科学版),1998,16(2):65-70.
- [8] 赵伶俐,范崇辉,葛红,等.植物多酚氧化酶及其活性特征的研究进展[J].西北林学院学报,2005,20(3):156-159.
- [9] 王丽红,高希武.甘蓝多酚氧化酶的生物化学性质及其杀虫剂的诱导作用[J].农药学学报,2004,6(4):33-37.
- [10] 汤方,赵文亮,左胜涵,等.农药胁迫对杨树多酚氧化酶的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2012,36(6):81-84.
- [11] VANITHA S C, UMESHA S. *Pseudomonas fluorescens* mediated systemic resistance in tomato is driven through an elevated synthesis of defense enzymes [J]. *Biologia Plantarum*, 2011, 55(2):317-322.
- [12] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analytical Biochemistry*, 1976(72):248-254.

### (上接第8页)

- [6] 冯楠楠. 6种绣线菊(*Spiraea* Linn.)抗寒能力的比较研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2008.
- [7] 陈禹兴,付连双,王晓楠,等.低温胁迫对冬小麦恢复生长后植株细胞膜透性和丙二醛含量的影响[J].东北农业大学学报,2010,41(10):10-16.
- [8] 郝建军,康宗利.植物生理学实验技术[M].北京:化学工业出版社,2006:23-169.
- [9] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2005.
- [11] 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,2000.
- [12] 周德宝.不同披碱草抗寒性的研究[J].阴山学刊,1996(S1):36-39.

- [13] 吴娜,周怀军,肖芳.3种常绿阔叶植物越冬期间叶片水分及可溶性糖的动态变化[J].西北林学院学报,2006,21(4):36-38.
- [14] 何开跃,李晓储,黄利斌,等.3种含笑耐寒生理机制研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(4):62-64.
- [15] 牛立新,贺普超.葡萄抗寒性三种鉴定方法的比较研究[J].葡萄栽培与酿酒,1993(2):5-7.
- [16] 王松华,周阮宝.三叶期前水稻幼苗抗寒生理研究[J].安徽农业技术师范学院学报,1998,12(3):15-18.
- [17] YELENOSKY G. Accumulation of free proline in citrus leaves during cold hardening of young trees in controlled temperature regimes [J]. *Plant Physiology*, 1979(64):425-427.
- [18] 梅俊学.逆境下发菜脯氨酸含量及质膜透性的变化与含水量的关系[J].山东师范大学学报,2000,15(2):178-181.
- [19] HARE P D, GRESS W A, VAN STADEN J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress [J]. *Plant Cell & Environment*, 1998,21(6):535-553.