

不同低温处理对 5 个空气凤梨品种生长特性的影响

俞禄生¹, 张 蕾², 丁久玲¹, 郑 凯^{1*}

(1.江苏农林职业技术学院, 句容 212400; 2.陕西省西安植物园, 西安 710061)

摘 要: 为研究低温条件对空气凤梨生长特征的影响, 将 5 个空气凤梨品种置于不同低温条件下进行处理, 测试其耐低温情况。结果表明, 在人工控制的恒定低温条件下, 空气凤梨可以耐受 0℃ 低温。短期 0℃ 低温 (10 d 内) 会对植物产生轻微冻害, 但低温去除后可以恢复正常生长。在自然低温条件下, 空气凤梨可以耐受短期 (10 d 左右) -5℃~0℃ 的低温, 低温条件去除后, 可以恢复且对生长有利。但如果超过 20 d, 低温条件去除后, 很难恢复。各品种对低温耐受性强弱的顺序依次为: 松萝 > 阿拉杰 > 锥头铁兰 > 富奇思 > 维路提那。

关键词: 低温; 空气凤梨; 生长; 影响

中图分类号: S682.36

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2011)01-0118-05

Effects of low temperature on the growth of five species of airplants

YU Lu-Sheng¹, ZHANG Lei², DING Jiu-ling¹, ZHENG Kai¹

(1. Jiangsu Polytechnic College of Agriculture and Forestry, Jurong 212400; 2. ShanXi Xi'an Botanical Garden, Xi'an 710061)

Abstract: In order to research the effect of low temperature on the growth of airplants (*Tillandsia*), five species of airplants were treated under low temperature. The results showed that the airplants can endure 0℃ low temperature treatment, which can restore after low temperature removal, although the airplants suffer a little harm. In natural low-temperature condition, the airplants can tolerate low temperature of -5℃-0℃ for 10 days, which can restore after low temperature removal. Moreover, the low temperature is good for the airplants growth. But the plants can not restore if low temperature lasts over 20 days. The tolerance ability for low temperature is *T. usneoides* > *T. araujei* > *T. ionantha conehead* > *T. fuchsii* > *T. velutina*.

Key words: low temperature; airplant; growth; influence

空气凤梨(学名 *Tillandsia*, 英文名 Airplant)为凤梨科(*Bromeliaceae*)铁兰属(*Tillandsia*)多年生草本植物, 包括近 550 个品种和 90 个变种^[1]。其形态特征和生长方式均不同于普通植物, 空气凤梨生长在空气中, 无需泥土和花盆, 依靠叶片上的鳞片吸收空气中的水分和养分。尤其重要的是可在室内任意摆放、垂挂, 既可作为室内装饰美化环境, 又能够净化室内空气。这种独特的植物很早就受到关注, 20 世纪 80 年代已开始在欧美、日本等发达国家流行, 目前已经成为室内装饰的新宠, 开发前景广阔。

国外关于空气凤梨的研究多集中在作为空气污染指示植物、分布区域、代谢方式等方面^[2-9]。我国

空气凤梨种源稀少, 目前对空气凤梨的研究处于初步阶段, 国内仅有少量关于空气凤梨的综述和组织培养方面的研究报道^[10-11]。空气凤梨原产于中南美洲, 引入我国后各种环境因子必将对其产生一定的影响, 温度是制约其生长的主要因素之一。为了探索空气凤梨对低温的耐受性, 本研究采用人工控温和自然低温的方法研究空气凤梨在低温胁迫下的生长特性, 为空气凤梨的生产管理、室内应用和抗寒性品种选育等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物材料为 2006 年 10 月从美国引进的维

收稿日期: 2009-12-04

基金项目: 江苏省科技成果转化专项资金项目 (BA2007100) 和江苏省农业科技自主创新资金 (CX(09)608) 共同资助。

作者简介: 俞禄生, 男, 研究员。

* 通讯作者: 郑 凯, 男, 助理研究员。E-mail: zhengkai19990@163.com

路提那(*Tillandsia velutina*)、富奇思(*Tillandsia fuchsii*)、阿拉杰(*Tillandsia araujei*)、锥头铁兰(*Tillandsia ionantha conehead*)和松萝(*Tillandsia usneoides*)等 5 个空气凤梨品种的无性繁殖系。挑选生长约 1 年、长势基本一致的空气凤梨单株, 90 个单株为 1 个处理, 每个处理 3 个重复。各品种表现特征: 维路提那, 叶片柔软, 叶表鳞片较大, 与叶结合不紧密; 富奇思, 针状叶片, 叶表鳞片较大, 与叶结合不紧密; 锥头铁兰, 肉质叶片, 叶表鳞片较大, 与叶结合不紧密; 阿拉杰, 革质叶片, 叶表鳞片很小, 与叶结合紧密; 松萝, 植株呈线状。

1.2 方法

试验于 2007 年 11 月至 2008 年 1 月在江苏农林科技示范园区内进行。

采用两种温度控制方式, 一种为自然低温, 一种为人工控制低温。自然低温: 将植物放在通风良好、有阳光照射的室外, 不补水, 不施肥, 完全处于自然状况下。人工控温: 将植物置于 0℃ 条件下, 不补水, 不施肥, 无光照。在温室内设置对照, 温室内夜间人工加温, 白天不加温。试验期间, 每天记录室外温度和温室内温度。试验期间室外的最低温度基本保持在 0~5℃ 之间, 低于 0℃ 的时间很短

暂, 室外最高温度在 10~20℃ 之间; 室内最低温度控制在 10℃ 以上, 最高温度保持在 15~25℃ 之间。

1.3 测定项目

观察低温处理前各品种的植株颜色、鳞片颜色、植株长势和植株粗细等表现特征, 处理期间每隔 10 d 观察其外观表现。

处理 1 个月后各处理每个重复随机选取 5 株, 采集倒 3~5 叶 (从心叶往外数 3~5 叶), 用丙酮乙醇提取法^[12]测定叶绿素含量, 用硫代巴比妥酸(TBA)法^[12]测定丙二醛含量, 用电导仪法^[12]测定叶片伤害率, 用磺基水杨酸法^[12]测定叶片脯氨酸含量。

1.4 数据统计分析

用 Excel 和 SAS ver8.0 软件进行数据处理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 人工控温的情况

2.1.1 低温(0℃ 恒定)处理后的外观表现 低温(0℃ 恒定)处理一个月后观察其外观表现见表 1。从外观来看, 维路提那表现最差, 叶片失绿、卷曲且失水严重, 富奇思、锥头铁兰和阿拉杰次之, 松萝表现最好。

表 1 5 个空气凤梨品种 0℃ 低温处理及低温去除后的外观表现

Table 1 The primary characteristics of the five species of airplants in 0℃ condition and after low-temperature removal

品种 Species	0℃ 处理后的外观表现 The primary characteristic in 0℃ condition	低温去除后的外观表现 The primary characteristics after low-temperature removal
维路提那 <i>T. velutina</i>	叶色暗陈, 失绿, 叶片卷曲, 失水非常严重	心叶变软, 老叶枯黄
富奇思 <i>T. fuchsii</i>	叶色暗陈, 失去银白色光泽, 针状叶片无卷曲	针状叶片卷曲干枯
锥头铁兰 <i>T. ionantha conehead</i>	叶色暗陈, 失绿, 变软, 卷曲不太明显, 失水不严重	外部叶片有褐色伤斑, 内部叶片无明显变化
阿拉杰 <i>T. araujei</i>	叶色变化不明显, 仍有绿色, 叶片卷曲, 失水严重	外部叶片稍有干枯变黄现象
松萝 <i>T. usneoides</i>	失去银白色光泽, 绿色, 叶稍有卷曲, 叶片稍变软	无明显变化, 植株无恶化

2.1.2 低温(0℃ 恒定)去除后的外观表现 低温条件去除后, 将所有品种置于正常环境(温室内)下, 两周后观察其恢复情况, 见表 1。松萝短期内无明显变化, 未表现出继续恶化的趋势; 阿拉杰和锥头铁兰外部叶片有受伤现象, 但心叶表现良好, 有恢复迹象; 维路提那和富奇思的情况较差, 无恢复状况, 且有继续恶化的趋势。

综上所述, 在无光照、无水分、无肥料的条件, 根据 0℃ 低温处理后的外观表现, 5 个空气凤梨品种抵御低温(0℃ 恒温)的能力从强到弱依次为: 松萝>阿拉杰>锥头铁兰>富奇思>维路提那。

2.2 自然低温下的情况

2.2.1 自然低温处理和低温去除后的外观表现 自

然低温下各处理外观表现见表 2。试验期间, 对照组各植株表现稳定, 未出现异常现象。在自然低温条件下, 低温处理初期(第 10 天), 植株表现良好, 甚至略好于对照, 具体表现为叶色较绿且鲜艳, 长势较好, 老叶干枯现象不明显。低温处理中期(第 20 天), 各处理植株长势不良, 均表现为叶色暗陈, 基部枯叶增多。低温处理至 30 d 时, 各品种叶色均出现明显变化, 颜色暗陈甚至变为褐色, 部分植株出现明显冻害。

低温处理 1 个月后, 将处理后的植株置于温室内, 两周后观察其恢复情况, 见表 2。低温去除 2 周后, 松萝植株颜色逐渐变绿, 与对照组相比差异不大; 阿拉杰外部叶片干枯, 心叶逐渐恢复, 变绿;

锥头铁兰、富奇思和维路提那无法恢复，均整株死亡。受冻害程度较轻的松萝和阿拉杰可以恢复，而

受冻害较重的锥头铁兰、富奇思和维路提则不能恢复。

表 2 5个空气凤梨品种自然低温条件和低温去除后的外观表现

Table 2 The primary characteristics of the five species of airplants in natural low-temperature condition and after low-temperature removal

品种 Species	室内 Indoor	室外第 1 次 Outdoor for the 1 st time	室外第 2 次 Outdoor for the 2 nd time	室外第 3 次 Outdoor for the 3 rd time	处理后恢复情况 The difference after low-temperature removal
维路提那 <i>T. velutina</i>	叶片黄绿色，基部有少量的枯叶	叶片黄绿色，较室内的绿，长势很好	基部枯叶增多，叶色变暗陈	有明显冻伤现象，叶片浅褐色	不能恢复，干枯死亡
富奇思 <i>T. fuchsii</i>	叶片深绿色，叶尖有卷曲	叶片深绿色，长势良好	外观无明显变化	外部无明显冻害，心叶有冻伤显现，叶色暗陈	不能恢复，干枯死亡
锥头铁兰 <i>T. ionantha conehead</i>	叶片绿色，长势良好	叶片绿色，长势良好	叶色变暗陈	有明显冻伤现象，叶色暗陈	不能恢复，干枯死亡
阿拉杰 <i>T. araujei</i>	叶片黄绿色，长势良好	叶片黄绿色，较室内的绿，长势很好	叶色变暗陈	无明显冻害，叶色暗陈	老叶干枯死亡，心叶恢复
松萝 <i>T. usneoides</i>	叶片绿色，长势良好	叶片绿色，长势良好	叶色变暗陈	无明显冻害，叶色暗陈	可完全恢复

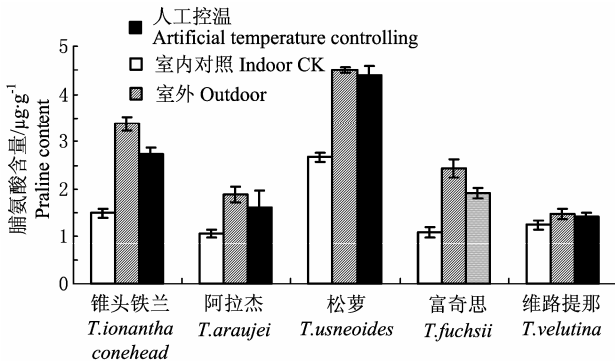


图 1 低温条件下空气凤梨脯氨酸含量

Figure 1 The praline content of airplant in low-temperature condition

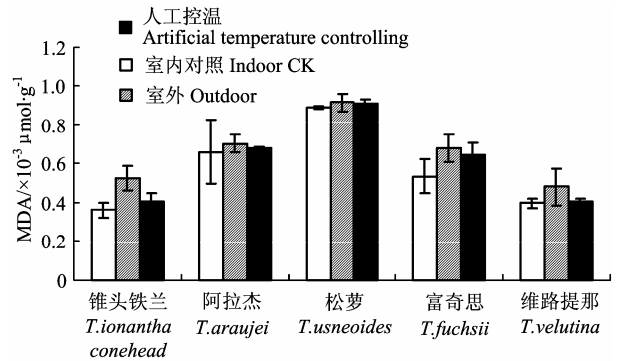


图 2 低温条件下空气凤梨丙二醛含量

Figure 2 The MDA content of airplant in low-temperature condition

2.2.2 脯氨酸含量的变化 由图 1 可以看出，5 个空气凤梨品种在温室内未经低温处理时，其叶片脯氨酸含量的高低顺序为：松萝>阿拉杰>维路提那>富奇思>锥头铁兰，说明未经低温处理时松萝和阿拉杰本身有较高的脯氨酸含量，具有较高的抗寒能力；而维路提那、富奇思和锥头铁兰未经低温处理时脯氨酸含量较低，抗寒能力较低。锥头铁兰、阿拉杰、松萝、富奇思和维路提那 5 个品种，经低温处理后其叶片脯氨酸含量均比对照组高，分别高出对照组 79.03%、127.05%、68.92%、123.08% 和 18.25%。其中松萝的脯氨酸含量最高，其次是阿拉杰，富奇思、维路提那和锥头铁兰较低。说明松萝抵御低温的能力最强，其次是阿拉杰，较差的是富奇思、维路提那和锥头铁兰，这与外观表现的结果相一致。在人工控温 (0℃) 条件下，各品种脯氨酸

含量均高于对照，低于室外低温处理。初步说明 5 个空气凤梨品种对 0℃ 的恒温条件有一定耐受性。

2.2.3 丙二醛含量的变化 图 2 中可以看出，锥头铁兰、阿拉杰、松萝、富奇思和维路提那 5 个品种低温处理后其叶片丙二醛含量均高于对照组，分别高出 45.30%、6.66%、2.46%、26.87% 和 21.36%。叶片丙二醛含量的增加说明各个品种低温处理后均受到一定程度的伤害，增加率越大说明植株受到伤害的程度越大，故此可初步判断出 5 个空气凤梨品种低温处理后受伤害的轻重顺序为：松萝<阿拉杰<维路提那<富奇思<锥头铁兰。即低温处理后松萝和阿拉杰受伤害较小，锥头铁兰、富奇思和维路提那受伤害较大。在人工控温 (0℃) 条件下，各品种丙二醛含量均高于对照，低于室外低温处理。说明在 0℃ 的恒温条件下 5 个空气凤梨品种均不同程度

的受到伤害, 但伤害程度不及室外低温处理。这与温度高低有关, 对照组的温度最高, 室外低温处理过程中有一定时间是处于零度以下。

2.2.4 电解质渗出率的变化 由图 3 可以看出, 供试材料低温处理后其电解质渗出率均较低, 不高于

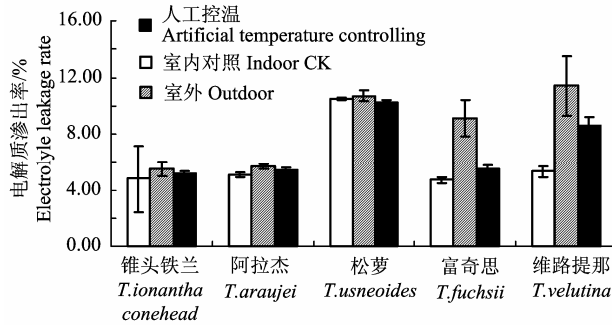


图 3 低温条件下空气凤梨电解质渗出率

Figure 3 The electrolyte leakage rate of airplant in low-temperature condition

低温处理后电解质渗出率的增加率越大, 说明植株受到伤害的程度越大, 故此可初步判断出 5 个空气凤梨品种低温处理后受伤害轻重顺序为: 松萝 < 阿拉杰 < 锥头铁兰 < 富奇思 < 维路提那。即低温处理后松萝和阿拉杰受伤害较小, 锥头铁兰、富奇思和维路提那受伤害较大。在人工控温 (0℃) 条件下, 大部分品种 (除松萝外) 电解质渗出率均高于对照, 低于室外低温处理。说明 5 个空气凤梨品种在 0℃ 恒温下, 大部分品种 (除松萝外) 的植株均受到伤害, 伤害程度低于室外低温处理。这与温度高低有关, 对照组的温度最高, 室外低温处理过程中有一定时间是处于零度以下。

2.2.5 叶片叶绿素含量的变化 由图 4 可以看出, 低温处理后锥头铁兰、阿拉杰、松萝、富奇思和维路提那 5 个品种, 经低温处理后其叶片叶绿素含量均低于对照, 分别低 47.18%、45.68%、24.38%、44.31% 和 64.64%。说明低温处理影响植株叶片叶绿素含量的合成, 叶绿素含量降低率由低到高的顺序为松萝 < 富奇思 < 阿拉杰 < 锥头铁兰 < 维路提那, 松萝叶绿素含量下降最少, 其次是富奇思和阿拉杰, 维路提那下降最多。在人工控温 (0℃) 条件下, 各品种叶片叶绿素含量均低于对照和室外低温处理, 原因主要是处理过程中植物材料是置于冰箱内、无光照。

3 小结与讨论

脯氨酸是植物体内的一种重要的渗透调节物

15%。锥头铁兰、阿拉杰、松萝、富奇思和维路提那 5 个品种, 经低温处理后其电解质渗出率均高于对照组, 分别高出 14.58%、11.76%、1.90%、93.62% 和 115.09%。

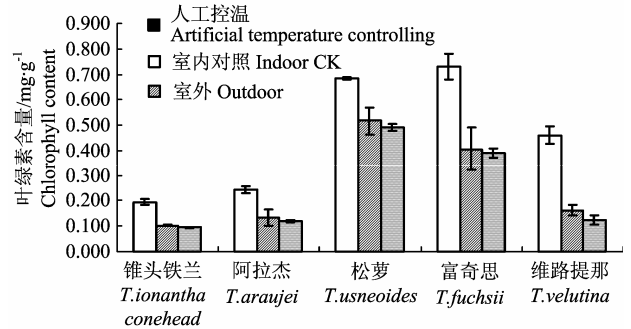


图 4 低温条件下空气凤梨叶绿素含量

Figure 4 The chlorophyll content of airplant in low-temperature condition

质, 能加强逆境条件下蛋白质的水合作用, 使逆境蛋白质空间构型破坏、氢键等次级键断裂、巯基被氧化成二硫键等造成蛋白质变性失活的过程减缓, 有利于植物细胞结构和功能的维持; 另外, 还能减轻低温胁迫造成的氨中毒。在低温条件下, 植物组织中脯氨酸增加, 可提高植物的抗寒性。因此, 脯氨酸含量变化可作为植物抗寒性高低的生理指标。叶片组织丙二醛 (MDA) 含量是高活性的膜脂过氧化物, 能交联脂类、核酸、糖类及蛋白质, 在逆境条件下, 往往发生膜脂过氧化作用, 其含量的高低可反映细胞膜在逆境条件下受伤害的程度和细胞膜的稳定性^[13-14]。丙二醛含量越高, 说明植物在逆境条件下受伤害的程度越大。

细胞膜能调节和控制细胞内外物质的运输和交换, 其透性是评定植物抗逆境能力的指标之一。当植物受到逆境胁迫时, 细胞膜遭到破坏, 膜透性增大, 从而使细胞内的电解质外渗, 以致植物细胞浸提液的电导率增大。膜透性增大的程度与逆境胁迫强度有关, 也与植物抗逆性的强弱有关。电解质渗出率是作为衡量叶片受伤害程度的指标。电解质渗出率的值越高, 说明植物在逆境条件下受伤害的程度越大, 膜系统受到了损害, 透性增加, 而膜透性的增加也是低温伤害的重要标志^[15-18]。

植物体内的叶绿素处于不断形成和分解中。在正常情况下合成过程占优势, 叶片保持绿色。当叶片衰老或遇干旱、低温等逆境时, 叶绿素合成减慢, 分解加速, 使原来被叶绿素掩盖的类胡萝卜素、花

色素的颜色逐渐显露出来,因而叶色变黄^[19]。温度通过影响酶的合成影响叶绿素的合成,低温胁迫下,叶绿体的形成和叶绿素的合成速率受到抑制,叶绿素含量随着胁迫时间的延长而下降,温度越低下降越快。叶绿素含量的变化能反映低温对植物的伤害程度^[20-26]。

综合各品种低温处理前后的外观表现及脯氨酸含量、丙二醛含量、电解质渗出率以及叶片叶绿素含量等生理指标的变化情况,可以发现对低温耐受性强弱的顺序依次为:松萝>阿拉杰>锥头铁兰>富奇思>维路提那。短期 0℃左右的低温对空气凤梨不会产生伤害,反而会对生长产生一定的促进作用,但低温处理时间不宜过长,以 10 d 为宜。否则,大部分植株会遭受冻害。低温处理超过 20 d 时,5 个空气凤梨品种中,松萝和阿拉杰无明显冻害,仅叶色变暗陈,而且低温去除后可以恢复。自然低温条件下,低温处理初期(10 d 内),植株表现良好,甚至略好于对照,出现这种情况可能是因为室外的空气流通性好,而室内由于冬季保温,空气流通性差。其次,可能是光照条件,空气凤梨要求适度光照,要求透射光,而室内光线较弱。另外,较低的温度可能会刺激植株体内发生某种生理变化,而这种变化会刺激植物生长。

松萝与其它空气凤梨品种差异性较大,从试验可以看出其耐寒性最强,这可能与其胡须状的外形有很大关系。其次是阿拉杰,其叶片革质,含水量较少,利于抵御低温。维路提那、富奇思和锥头铁兰叶片较柔软、肉质,叶片含水量较多。低温时,如果植物体内含水量较多,植物易遭受冻害,且不易恢复,这与试验结果相符。

参考文献:

- [1] 金文驰. 观赏凤梨的特殊结构与分类鉴定[J]. 生物学通报, 2005, 40(6): 20-21.
- [2] 张淑红. 凤梨科植物的引种收集及栽培技巧[J]. 南方农业, 2007, 6(3): 20-22.
- [3] 曾莉, 戚佩坤, 姜子德. 广东省凤梨科观赏植物真菌病害鉴定[J]. 热带作物学报, 2004, 25(3): 47-51.
- [4] 徐晨光, 邵爱民, 张瑞明, 等. 凤梨科花卉花期调控技术研究[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(6): 102-104.
- [5] 蒋寒, 黄法余. 进境凤梨科植物根际线虫种类调查鉴定[J]. 莱阳农学院学报, 2004, 21(2): 164-166.
- [6] Guerout R. Nematodes of Pineapple: a Review[J]. Pest Articles and News Summaries (PANS), 1975, 21: 123-140.
- [7] Hutton D G. Pineapple nematodes in Jamaica and relationship between their populations and rainfall in two areas[J]. Nematropica, 1975, 5: 23-24.
- [8] Keetch D P. Nematodes of Pineapples in South Africa[J]. Gewasprod Crop Prod, 1976, 5: 51-54.
- [9] 邵爱民, 徐晨光, 张瑞明, 等. 凤梨科花卉的组织培养和快繁技术研究[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(6): 100-104.
- [10] 洪燕萍, 林顺权, 林庆良. 凤梨科植物的离体培养[J]. 亚热带植物科学, 2001, 30(2): 70-74.
- [11] 黎美华. 我国凤梨品种资源及利用[J]. 广东农业科学, 1993 (1): 20-23.
- [12] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 119-120; 260-263.
- [13] 李柏林, 梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧化代谢的关系[J]. 植物生理学报, 1989, 15(1): 6.
- [14] 周治国, 孟亚利, 施培. 棉麦两熟共生期遮荫对棉苗生长发育的影响[J]. 西北植物学报, 2001, 21(3): 474-480.
- [15] Asaka K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1999, 50: 601-639.
- [16] Corbineau F, Gay-mathieu C, Vinel D, et al. Decrease in sunflower (*Helianthus annuus*) seed viability caused by high temperatures as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition[J]. Physiologia Plantarum, 2002, 116(4): 489-496.
- [17] Grant J J, Loake G J. Role of reactive oxygen intermediates and cognate red ox signaling in disease resistance[J]. Plant Physiology, 2000, 124(1): 21-30.
- [18] Rathinasabapathi B. Metabolic engineering for stress tolerance: installing osmoprotectant synthesis pathways[J]. Annals of Botany, 2000, 86(4): 709-716.
- [19] 乌凤章, 王柏臣, 刘桂丰, 等. 低温胁迫对白桦幼苗生长和生理的影响[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(9): 8-10.
- [20] 刘慧英, 朱祝军, 吕国华. 低温胁迫对嫁接西瓜耐冷性和活性氧清除系统的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 659-662.
- [21] 张志, 王世发, 徐洪国, 等. 低温胁迫对高羊茅生长影响的研究[J]. 草业科学, 2009, 26(5): 185-188.
- [22] 武维华. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 458-462.
- [23] 由继红, 陆静梅, 杨文杰. 钙对低温胁迫下小麦幼苗光合作用及相关生理指标的影响[J]. 作物学报, 2002, 28(5): 693-696.
- [24] 朱佳, 梁永超, 丁燕芳, 等. 硅对低温胁迫下冬小麦幼苗光合作用及相关生理特性的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1780-1788.
- [25] 董丽, 贾桂霞, 苏雪痕. 常绿阔叶植物越冬期间叶片组织结构的适应性变化[J]. 园艺学报, 2005, 30(1): 59-64.
- [26] 张国民, 王连敏, 王立志, 等. 苗期低温对玉米叶绿素含量及生长发育的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2000(1): 10-12.