

文献著录格式: 樊玉花, 解玮佳, 彭绿春, 等. 高山杜鹃品种的抗热性评价 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (2): 251-254, 256.

DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20190225

## 高山杜鹃品种的抗热性评价

樊玉花<sup>1</sup>, 解玮佳<sup>2,3,4,5</sup>, 彭绿春<sup>2,3,4,5</sup>, 王继华<sup>2,3,4,5</sup>, 蔡艳飞<sup>2,3,4,5</sup>, 李世峰<sup>2,3,4,5\*</sup>

(1. 云南大学 农学院, 云南 昆明 650205; 2. 国家观赏园艺工程技术研究中心, 云南 昆明 650205; 3. 云南省农业科学院 花卉研究所, 云南 昆明 650205; 4. 云南省花卉育种重点实验室, 云南 昆明 650205; 5. 云南省花卉工程中心, 云南 昆明 650205)

**摘要:** 高温是高山杜鹃引种驯化的主要限制因子之一, 为获得抗热种质资源, 以 13 个高山杜鹃品种的组培瓶苗为试材, 对其进行了为期 10 d 的 36 °C 高温处理, 观察各品种在高温胁迫下的外观形态变化, 测定其热害指数, 对其抗热性进行评价。试验结果表明, 在 36 °C 高温热处理下, *Rhododendron Scyphocalix* (花杯)、*R. XXL* (红粉佳人) 具有较强的抗热性, 为高度抗热类型; *R. Catawbiense Boursault* (布尔索尔)、*R. Anthony Waterer* (安东尼瓦特)、*R. English roseum* (英国玫瑰)、*R. Brigitte* (碧姬)、*R. Germania* (锦缎)、*R. Roseum Elegans* (紫水晶) 的抗热性居中, 为中等抗热类型; 而 *R. Alfred* (阿尔弗雷德)、*R. Goldfinger* (金手指)、*R. Catabiensis Grandiflora* (玉兰)、*R. Virginia Richards* (弗吉尼亚)、*R. Goldflimmer* (金闪烁) 的耐热性较差, 为低抗热类型。

**关键词:** 高山杜鹃; 高温胁迫; 抗热品种

中图分类号: S685.21

文献标志码: A

文章编号: 0528-9017(2019)02-0251-04

随着全球气候变化, 高温对植物的影响日益显著, 尤其对高山植物而言, 高温胁迫成为限制高山植物引种驯化、生长和生产的主要环境因子之一<sup>[1]</sup>。为此, 关于植物耐热机理及提高植物耐热能力的研究受到人们的广泛关注和重视<sup>[2]</sup>。高山杜鹃是杜鹃花属 (*Rhododendron* L.) 中常绿阔叶种类及其杂交后代的总称, 因其种类繁多、花大色艳、花姿优美、生长习性极其丰富等特性, 具有极高的观赏和园林应用价值<sup>[3]</sup>。随着高山杜鹃在园林中的广泛应用, 特别对于我国北方诸如山东等夏季酷热的城市园林应用, 对高山杜鹃的耐热性提出了更高的要求。但受遗传因素制约, 高山杜鹃喜冷凉、湿润环境, 耐热性较差, 高温热害是制约其生长繁育及园林应用的主要限制因子<sup>[4]</sup>。为了探讨高山杜鹃植物的耐热机制及不同种间的适应性差异, 近年来部分学者针对杜鹃花属植物开展了高温胁迫试验, 譬如, 梁雯等<sup>[5]</sup>对粉珍珠和状元红 2 个杜鹃花品种进行热锻炼处理发现, 热锻炼可以提高杜鹃花植株的耐热性, 其减轻伤害的机理与植物品种有关。李小玲等<sup>[6]</sup>发现不同浓度的 SA 能有效缓解高温对高山杜鹃幼苗的伤害, 以 1.0 mmol · L<sup>-1</sup> 处理的效果最好。申惠翡等<sup>[7]</sup>对 15 个杜鹃品种的叶面解剖

结构观察分析发现, 叶片角质层厚度、气孔密度、气孔宽度、栅栏组织厚度和组织结构疏松度是影响耐热性的主要性状。在此研究基础上, 申惠翡等<sup>[8]</sup>发现, 高温胁迫条件下叶绿素、MDA、可溶性蛋白、脯氨酸和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量与杜鹃花耐热性联系紧密。杜鹃高温胁迫试验筛选出了一批与杜鹃花耐热性有关的形态及生理指标, 可作为鉴定不同品种耐热性的依据, 为杜鹃耐热性研究奠定了坚实的基础<sup>[1,9-11]</sup>。

目前, 对高山杜鹃的研究主要集中在优良品种的引种和繁育、多样性分析、组织培养、栽培技术、分子标记研究等方面<sup>[12-15]</sup>, 对高山杜鹃, 特别是其品种的耐热研究报道较少。因此, 有必要对高山杜鹃品种植物进行耐热性研究, 从中筛选耐热性较强的品种用于园林绿化或育种。本文针对 13 个高山杜鹃品种, 采用人工模拟气候鉴定法, 观察其受高温胁迫后的形态变化及热害症状, 比较不同品种耐热性差异, 以期筛选出具有耐热性状的高山杜鹃品种, 为今后高山杜鹃的园林应用或抗热育种的亲本选配提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

收稿日期: 2018-11-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31560225, 31760231, 31760210, 31760229); 云南省技术创新人才培养配套项目 (2018-HB082)

作者简介: 樊玉花 (1993—), 女, 云南玉溪人, 硕士, 从事木本观赏植物的抗逆性研究工作, E-mail: 1113441589@qq.com。

通信作者: 李世峰 (1970—), 男, 云南曲靖人, 研究员, 硕士, E-mail: 452977351@qq.com。

研究材料来源于云南省农业科学院花卉研究所在2012年自比利时引进的13个高山杜鹃品种的组培瓶苗,13个品种分别为安东尼瓦特(Anthony Waterer, W4)、阿尔弗雷德(Alfred, WH-1)、碧姬(Brigitte, D10)、布尔索尔(Catawbiense Boursault, W5)、玉兰(Catabiensis Grandiflora, W6)、英国玫瑰(English roseum, D5)、锦缎(Germania, G)、金闪烁(Goldflimmer, W14)、金手指(Goldfinger, R6)、紫水晶(Roseum Elegans, R10)、花杯(Scyphocalix, W30)、弗吉尼亚(Virginia Richards, W32)、红粉佳人(XXL, X)。组培的培养基为WPM+ZT 2 mg·L<sup>-1</sup>+NAA 0.2 mg·L<sup>-1</sup>,蔗糖30 g·L<sup>-1</sup>,琼脂7.5 g·L<sup>-1</sup>,pH 5.4~5.6。

### 1.2 处理设计

试验采用人工模拟气候鉴定法,在云南省农业科学院花卉研究所的实验室进行。将供试材料放于人工气候箱(SPX-250B-G),36℃(昼/夜)处理10 d,隔天观察1次杜鹃苗的外观形态变化并做相关记录。每个品种10株苗,每个测定进行3次重复。试验期间,保证气候箱光照度为150 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,湿度为80%,为减轻高温引起的水分胁迫伤害,高温处理期间不定时进行补水保湿。

### 1.3 测定方法

外观形态主要观测叶片受伤害百分率,即发生枯萎萎蔫脱落叶片(叶片整体发黄变干,触动会发生叶片脱落)占总体叶片的百分比<sup>[16]</sup>。高温处理期间,对其进行生长状况的观察,并对杜鹃幼苗的高温伤害程度进行分级记录。热害指数的计算参考李小玲等<sup>[10]</sup>和赵冰等<sup>[17]</sup>的研究方法,根据高温伤害程度将热害程度分为5级:0级,无受害症状;1级,株稍有萎蔫,叶片由绿转灰白色,1~2片叶子开始变黄变枯;2级,3~4片叶子变黄,1片枯死;3级,2片叶枯死;4级,2片叶以上枯死;5级,茎变黄、干枯,整株枯死。

热害指数=100xn/(AN)。

式中:x代表热害级数,n代表该x热害级数下植株的数量,A代表出现热害的最高级数,N代表调查的总株数。

### 1.4 数据处理与分析

用Excel 2016软件对数据进行整理后,用SPSS 20.0软件进行数据相关性分析和差异显著性分析,采用SigmaPlot 10.0作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 对外观形态的影响

如图1和图2所示,36℃处理2 d后,布尔索尔、阿尔弗雷德、玉兰等几个供试品种有明显的叶片受害症状,叶片顶端未展开的新生叶,尖端焦枯,叶片边缘反卷的症状;金手指、锦缎、紫水晶、金闪烁、弗吉尼亚也出现了叶片受害的症状,但是较布尔索尔、阿尔弗雷德、玉兰的症状轻,安东尼瓦特、花杯、英国玫瑰、碧姬、红粉佳人没有出现叶片受害症状。

36℃处理4 d,布尔索尔、阿尔弗雷德、玉兰、弗吉尼亚、紫水晶等品种叶片受伤害的百分率达到40%以上,金闪烁、锦缎叶片受伤害的百分率达到20%以上,安东尼瓦特、花杯、英国玫瑰、碧姬、金手指叶片受伤害百分率达到5%以上,红粉佳人没有出现叶片受害症状。

36℃处理6 d,阿尔弗雷德、玉兰、弗吉尼亚叶片受伤害的百分率达到80%以上,布尔索尔、金闪烁、锦缎、金手指、紫水晶叶片受伤害的百分率达到45%以上,安东尼瓦特、花杯、英国玫瑰、碧姬叶片受伤害的百分率达到10%以上,红粉佳人没有出现叶片受害症状。

36℃处理8 d,金闪烁、弗吉尼亚、金手指叶片受伤害率达100%,阿尔弗雷德、玉兰叶片受伤害的百分率达到90%以上,锦缎、紫水晶有70%以上的叶片受伤害,安东尼瓦特、布尔索尔、花杯、英国玫瑰、碧姬有15%以上的叶片受伤害,而红粉佳人只有11.27%的叶片出现受害症状。

36℃处理10 d,除红粉佳人生长良好、叶片颜色鲜绿、有个别叶片略微下垂,有11.27%的叶片出现受害症状外,布尔索尔、花杯、碧姬无明显的整株萎蔫枯黄症状,有40%的叶片出现株心叶萎蔫枯黄、茎秆变黄的伤害症状,其他的叶片基本生长良好,英国玫瑰、锦缎、紫水晶、安东尼瓦特均出现不同程度的受伤害症状,有75%以上的叶片出现枯黄萎蔫的伤害症状。玉兰、金手指、金闪烁、阿尔弗雷德、弗吉尼亚全株叶片发生明显萎蔫枯黄,叶片受伤害的百分率达到100%,茎秆变黄,最后全株死亡。

根据叶片受伤害百分率和高温处理下的外观形态观测可知,13个供试高山杜鹃品种中,红粉佳人最耐热,布尔索尔、花杯、碧姬次之,英国玫瑰、紫水晶、锦缎、安东尼瓦特的耐热性较差,玉

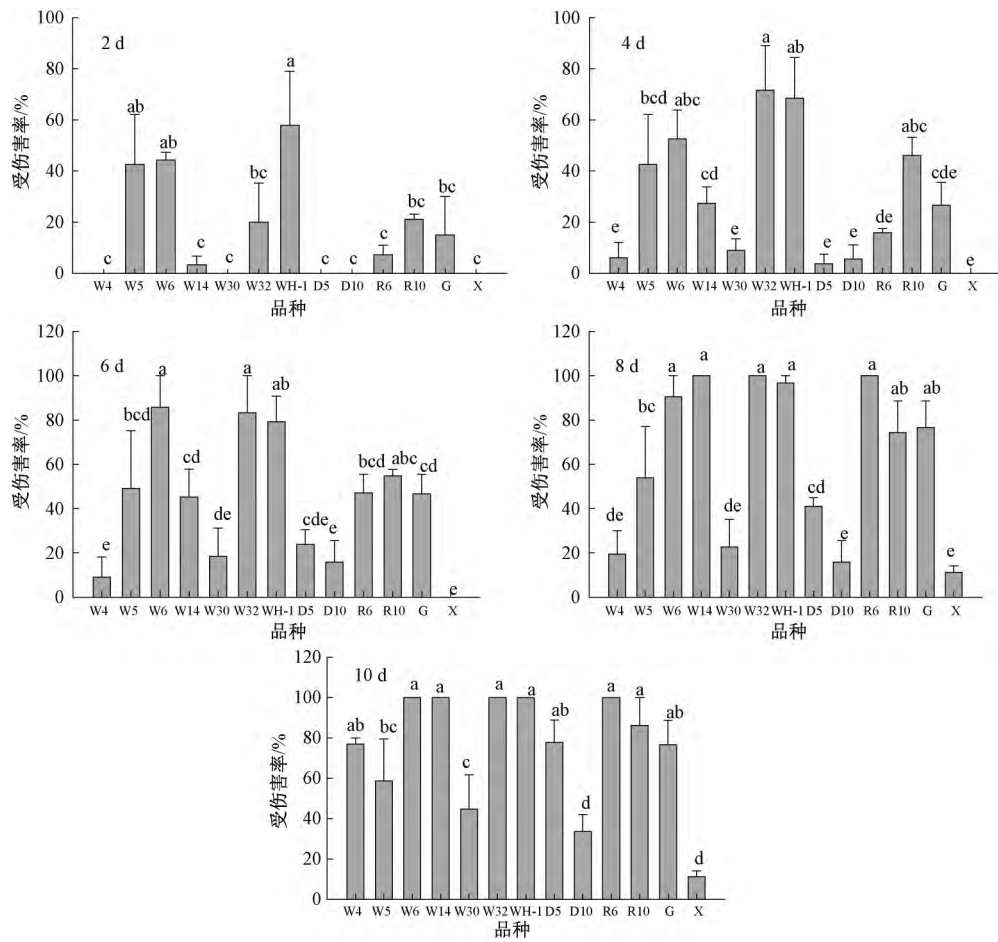


图 1 不同品种杜鹃高温胁迫下的叶片受伤率

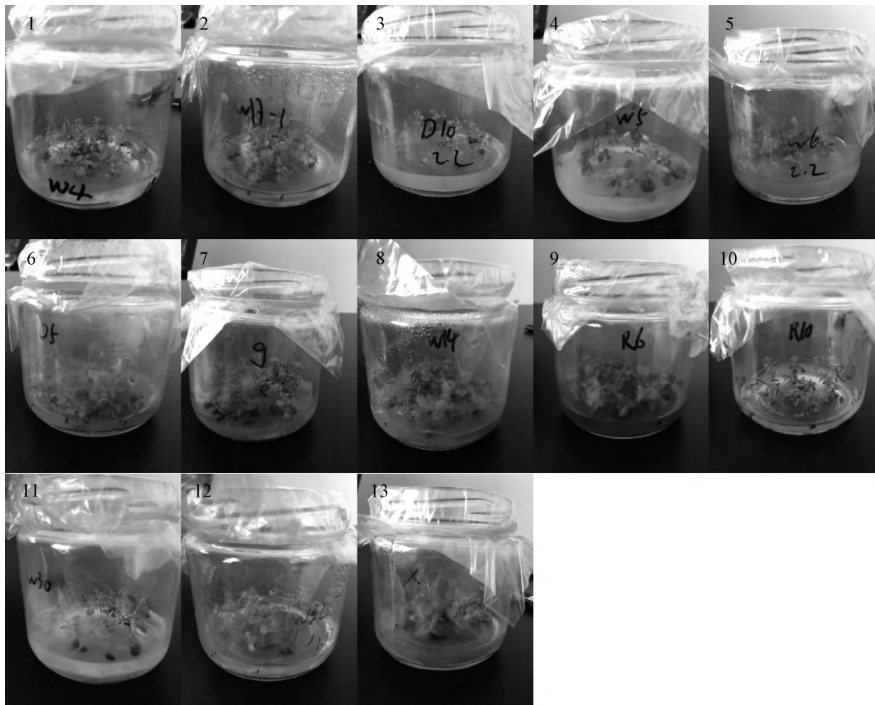


图 2 不同品种杜鹃在高温胁迫 10 d 后的外观状态

兰、金手指、金闪烁、阿尔弗雷德、弗吉尼亚最不耐热。

## 2.2 对热害指数的影响

36℃处理10d,金闪烁、阿尔弗雷德、金手指的热害级数达到5级,叶片很快出现失水症状,叶片逐渐发黄,由黄变褐,叶片边缘、叶尖焦枯,有2片叶以上枯死脱落,整株变黄枯死。安东尼瓦特、玉兰、弗吉尼亚、锦缎的热害级数达到4级,叶片顶端未展开的新生叶尖端焦枯,有3~4株株心叶尖端焦枯,叶片边缘及叶尖出现枯斑,有2片叶以上枯死脱落。布尔索尔、花杯、碧姬、英国玫瑰、紫水晶的热害级数达到3级,多数植株为3~4片叶发黄,叶片边缘反卷,植株失水萎蔫,2片叶枯死。红粉佳人的热害级数达到2级,没有明显的热害表现,有1~2片叶出现水渍斑痕而逐渐变黄。

按照受害情况确定杜鹃植株所属热害等级,然后按相关公式计算其热害指数,13种杜鹃热害指数的统计结果见图3。结果显示,经过高温胁迫后,热害指数大小为阿尔弗雷德>金闪烁、布尔索尔、弗吉尼亚、锦缎>安东尼瓦特、玉兰、金手指、紫水晶>碧姬、英国玫瑰>花杯、红粉佳人。表明36℃高温处理下,花杯、红粉佳人受热害的程度最轻,碧姬、英国玫瑰次之,阿尔弗雷德受热害最为严重。

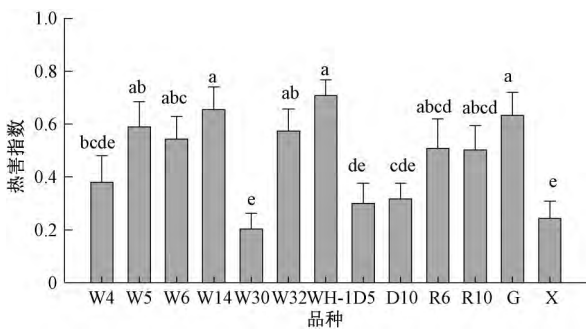


图3 高温胁迫对13个高山杜鹃品种热害指数的影响

## 3 讨论

随着全球气候变暖,高温已经成为限制植物生长发育的关键性因子之一<sup>[18]</sup>。高温胁迫程度超过一定耐受范围时,植物会受到热害,其外观形态会出现一些热害症状<sup>[19]</sup>,比如,叶片萎蔫和水浸状,发育期缩短,叶片由绿转灰白色继而变黄等,严重的甚至会导致植株死亡<sup>[20]</sup>。朱玉雪等<sup>[21]</sup>用4种早花大花组铁线莲进行高温胁迫后发现,叶片失水后

萎缩,叶尖、叶缘变黄、卷曲、枯死。本研究结果显示,13个高山杜鹃品种经过高温胁迫后均出现不同程度的热害症状,金闪烁、阿尔弗雷德、紫水晶的叶片很快出现失水症状,叶片逐渐发黄直至整株变黄枯死,安东尼瓦特、玉兰、弗吉尼亚、锦缎的新生叶尖端焦枯,严重者发生枯死脱落,布尔索尔、碧姬、英国玫瑰、花杯、金手指的叶片边缘反卷,植株失水萎蔫,这些表现与前人的研究结果一致。红粉佳人生长良好,只有1~2片叶略微下垂,出现水渍斑痕而逐渐变黄,其余的叶片颜色鲜绿,没有明显的热害症状。综上可知,红粉佳人耐热性较强,阿尔弗雷德耐热性较差。

热害指数(heat injury index)能较好地反映植物的耐热能力,热害指数越小的品种,越耐热。由热害指数结果可知,在36℃高温胁迫下,13个高山杜鹃品种中阿尔弗雷德的热害指数最高,最不耐热,花杯的热害指数最低,表明该品种耐热。这与苏秀红<sup>[22]</sup>对不同地理种群紫茎兰耐热性的评价及耐热性生理生化特性的研究结果一致。李小玲等<sup>[10]</sup>采用人工模拟气候鉴定法,对高山杜鹃热害指数测定及分析结果也表明,热害指数越大的品种,其耐热性越差,反之,耐热性越好。

本试验是在人工气候箱内通过控制单一高温变量,排除田间条件下植物生长所面临的强光、高热等复合逆境,可更加客观地进行13个高山杜鹃品种的耐热性综合评价,这些结果为高山杜鹃育种亲本选择和园林应用提供了理论基础,但高山杜鹃耐热性是受多种因素影响的复杂性状,在以后的研究中还需要结合相关生理生化指标测定,对其耐热性进行综合评价。

## 参考文献:

- [1] GROVER A, MITTAL D, NEGI M, et al. Generating high temperature tolerant transgenic plants: achievements and challenges [J]. *Plant Science*, 2013, 205 (5): 38-47.
- [2] 岳媛. 杜鹃花属植物种子育苗技术及耐热性研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- [3] 李志斌, 白雪霞, 李萍, 等. 国际合作架金桥 世界名花放异彩: 高山杜鹃引进开发研究十年成就回顾 [J]. *农业科技通讯*, 2010 (3): 12-14.
- [4] 王凯红, 刘向平, 张乐华, 等. 5种杜鹃幼苗对高温胁迫的生理生化响应及耐热性综合评价 [J]. *植物资源与环境学报*, 2011, 20 (3): 29-35.
- [5] 梁雯, 赵冰, 黄文梅. 热锻炼对高温胁迫下2个杜鹃花品种耐热性的影响 [J]. *东北林业大学学报*, 2017, 45 (9): 24-30.

(下转第256页)

有一定的防治效果。其中脞菌酯·氟吡菌酰胺处理防效最好,达到94.8%;其次是吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺处理,为93.7%;乙嘧酚处理防治效果最差,仅为75.6%。脞菌酯·氟吡菌酰胺、吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺、硝苯菌酯3种杀菌剂处理防效无显著差异。

表1 4种杀菌剂第2次施药后7d草莓白粉病的病情表现

处理	病指	防效/ %	差异显著性	
			5%	1%
吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺	0.6	93.7	a	A
脞菌酯·氟吡菌酰胺	0.5	94.8	a	A
硝苯菌酯	0.8	89.7	ab	A
乙嘧酚	1.9	75.6	b	B
清水(CK)	7.8	0		

## 2.2 安全性

目测观察第1次药后3、7d未见草莓有异常情况,第2次药后7d,脞菌酯·氟吡菌酰胺处理出现植株老叶摊张,新叶变小,花茎缩短等现象,吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺、硝苯菌酯及乙嘧酚处理表现对植株安全。

## 3 小结与讨论

考查一种杀菌剂的实用效果,需要综合考虑杀菌剂对靶标病害的防治效果以及对作物的安全性。本试验结果表明,42.8%脞菌酯·氟吡菌酰胺悬浮剂、42.4%吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂对草莓白粉病防治效果显著优于25%乙嘧酚悬浮剂;但是42.8%脞菌酯·氟吡菌酰胺悬浮剂在第2次药后出现药害情况,因此建议在实际应用过程中选择药效好且对草莓安全的杀菌剂,在施药过程中应注意杀菌剂喷洒均匀,叶片正反面和幼果等部位必须仔细、周到,以保证防效,同时尽量避免药害,还要注意杀菌剂的轮换使用,降低抗性产生风险。

### 参考文献:

- [1] 杜国栋,刘向峰,高秀岩.日光温室草莓白粉病杀菌剂防治试验[J].中国果树,2010(1):33-34.
- [2] 潘欢涛,安华明,黄伟.大棚草莓白粉病防治的杀菌剂筛选试验[J].贵州农业科学,2008,36(1):93-94.
- [3] 宋波,迟全鹏,贺长映.草莓白粉病化学防治的现状与展望[J].中国南方果树,2004,33(2):63-64.
- [4] 周增强,侯琿,王丽,等.设施草莓白粉病抗性与防治技术研究[J].中国农学通报,2009,25(10):212-214.

(责任编辑:张才德)

### (上接第254页)

- [6] 李小玲,华智锐,杨萌.水杨酸对秦岭高山杜鹃耐热性诱导研究[J].江西农业学报,2017,29(1):16-20.
- [7] 申惠翡,赵冰,徐静静.15个杜鹃花品种叶片解剖结构与植株耐热性的关系[J].应用生态学报,2016,27(12):3895-3904.
- [8] 申惠翡,赵冰.杜鹃花品种耐热性评价及其生理机制研究[J].植物生理学报,2018,54(2):33-345.
- [9] 耿兴敏,胡才民,杨秋玉,等.杜鹃花对各种非生物逆境胁迫的抗性研究进展[J].中国野生植物资源,2014,33(3):18-21.
- [10] 李小玲,雒玲玲,华智锐,等.高温胁迫下高山杜鹃的生理生化响应[J].西北农业学报,2018,27(2):253-259.
- [11] 张乐华,孙宝腾,周广,等.高温胁迫下五种杜鹃花属植物的生理变化及其耐热性比较[J].广西植物,2011,31(5):651-658.
- [12] 刀志灵,郭辉军.高黎贡山地区杜鹃花科植物多样性及可持续利用[J].植物分类与资源学报,1999(增刊1):24-34.
- [13] 刘晓青,苏家乐,李倩中,等.部分高山杜鹃品种在南京的性状表现及配套栽培技术[J].江苏农业科学,2008(1):119-120.
- [14] 彭绿春,陶俊锋,段修安,等.腋花杜鹃多倍体诱导和鉴

定[J].核农学报,2018,32(2):257-265.

- [15] 张露,李世峰,宋杰,等.木本高山花卉马缨杜鹃的全基因组扫描分析[J].基因组学与应用生物学,2018,73(1):326-331.
- [16] 周媛,童俊,徐冬云,等.高温胁迫下不同杜鹃品种PS II活性变化及其耐热性比较[J].中国农学通报,2015,31(31):150-159.
- [17] 赵冰,付玉梅,丁惠惠,等. Ca<sup>2+</sup>处理对秦岭高山杜鹃耐热性的影响[J].西北林学院学报,2010,25(6):29-32.
- [18] 胡伟娟,张启翔,潘会堂.报春花属植物耐热性生理指标研究初探[J].中国农学通报,2010,26(5):158-163.
- [19] 李爱国,屈霞,李小科,等.植物耐热性的研究进展[J].作物研究,2007(b12):493-497.
- [20] 陈立松,刘星辉.植物抗热性鉴定指标的种类[J].干旱地区农业研究,1997(4):72-77.
- [21] 朱玉雪,张敏涛,刘莹,等.4种早花大花组铁线莲的耐热性综合评价[J].上海交通大学学报(农业科学版),2017,35(1):58-65.
- [22] 苏秀红.不同紫萼泽兰种群耐旱与耐热性的评价及耐热性生理生化特性的研究[D].南京:南京农业大学,2005.

(责任编辑:侯春晓)