

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.04.005

高山杜鹃低山引种适应性及 外源抗热剂对高温胁迫的影响

王浩琪, 秦坤蓉, 祝浩翔, 王婉琳, 王海洋

西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715

摘要: 高山杜鹃是生长在高寒地区的野生杜鹃资源, 观赏价值极高。在中热胁迫试验基地(海拔 900 m)和高热胁迫试验基地(海拔 500 m)对 4 种高山杜鹃进行低山引种栽培及田间抗热剂喷施试验, 通过记录低山引种高山杜鹃花期、枝条的生长变化以及不同抗热剂处理下叶绿素荧光参数的变化, 研究低山引种对高山杜鹃生活周期的改变, 筛选出适宜的抗热剂种类, 为高山杜鹃的低山引种提供可能。结果表明: 低海拔试验基地引种的高山杜鹃均提前进入花期和叶芽萌动期, 花期随海拔的降低呈缩短趋势。所有杜鹃供试植株在不同抗热剂的处理下, 均能有效减缓 F_v/F_m 值下降, 减轻热胁迫对光系统 II (PSII) 的伤害, 说明 3 种抗热剂的喷施均能够提高高山杜鹃的耐热性。其中, 不同规格的马缨杜鹃和露珠杜鹃均以喷施单一抗热剂(1 500 mg/L 氯化钙)、组合抗热剂(100 mg/L 对氨基水杨酸+600 mg/L 海藻酸+800 mg/L 氯化钙)效果较好; 云锦杜鹃以喷施组合抗热剂(100 mg/L 对氨基水杨酸+600 mg/L 海藻酸+800 mg/L 氯化钙)效果最佳; 大白杜鹃以喷施单一抗热剂(1 500 mg/L 氯化钙)效果最佳。

关键词: 高山杜鹃; 引种; 高温胁迫; 抗热性

中图分类号: S688.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2022)04-0036-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of Exogenous Heat-Resistant Agent on Heat Resistance of Rhododendron under High Temperature Stress

WANG Haoqi, QIN Kunrong, ZHU Haoxiang,
WANG Wanlin, WANG Haiyang

School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Alpine Rhododendron is a wild rhododendron resource growing in alpine area. The experiment of four kinds of heat resistant agents was carried out in the experimental bases located at 900 m and 500 m above sea level. By recording the changes of chlorophyll fluorescence parameters of *Rhododendron dendri-formis* treated with different heat resistant agents, the most suitable heat resistant agents were selected. The results showed that under high temperature stress at 900 m and 500 m ASL test sites, various types of

收稿日期: 2021-05-10

基金项目: 重庆市科技兴林攻关类项目(2018-14).

作者简介: 王浩琪, 硕士研究生, 主要从事植物景观研究.

通信作者: 王海洋, 教授.

rhododendron plants treated with different heat-resistant agents could effectively slow down the decrease of F_v/F_m value, and reduce the damage of heat stress to the photosystem II (PS II), indicating that the spraying of three kinds of heat-resistant agents can improve the heat resistance of rhododendrons. T2 and T3 heat-resistant agents had better effect on *R. delavayi* and *R. irroratum*, T3 heat-resistant agent had the best effect on *R. fortune* and *R. decorum*.

Key words: wild rhododendron; introduction; high temperature stress; heat resistant agent

杜鹃花属植物是闻名于世的观赏植物资源,具有极高的观赏及经济价值.我国是杜鹃花植物资源最为丰富的国家,有542种(不包括种下等级)^[1-2],其中云南、西藏、四川3省及相邻地区是杜鹃属的起源地和分布中心,也是我国进行杜鹃花研究的重要区域.高山杜鹃作为丰富的杜鹃花资源中的一大类,主要分布于我国西南海拔1 000 m以上的高山地区^[3-5].高山杜鹃花型呈总状伞形花序,花冠硕大,颜色繁多,具有极高的观赏价值,有作为园林观赏植物的潜质.受高海拔地区立地条件的影响,高山杜鹃对温度的要求较高^[5-6],高山杜鹃引种栽培至低山丘陵地区面临的主要困难是高温制约.随着对野生杜鹃资源需求的增加,进行高山杜鹃开发利用的工作逐渐受到重视,目前关于高山杜鹃的研究工作多局限于资源收集^[7]、苗木繁育^[8-9]、引种栽培的理论研究和适应性分析^[10-11]等方面,关于高山杜鹃在海拔低于1 000 m的低山丘陵地区的栽培与应用研究较少.本研究旨在筛选出不同高山杜鹃最适的抗热剂种类,为开展高山杜鹃的低海拔引种栽培与应用研究提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择生长旺盛、规格统一的马缨杜鹃、露珠杜鹃、云锦杜鹃和大白杜鹃4种杜鹃大苗(高度120~150 cm)作为供试材料,研究不同品种杜鹃对抗热剂的适应性差异,大苗直接记作植物种类.同时,选择马缨杜鹃和露珠杜鹃小苗(高度50~60 cm)作为供试材料,研究不同生长期杜鹃对抗热剂的适应性差异,小苗在植物种类后加上(小).研究所采用的高山杜鹃均为从贵州、重庆高海拔地区(海拔1 500 m~2 500 m)成功引种至重庆市武隆区白马山林场(海拔1 200 m)的适生种类,栽培时间超过3年.4种高山杜鹃基本情况见表1.

表1 4种高山杜鹃基本概况

种名	拉丁学名	生长型	原生海拔/m	主要分布区域	高度/cm
马缨杜鹃	<i>Rhododendron delavayi</i>	常绿灌木、小乔木	1 200~3 200	贵州、四川、云南	120~150
马缨杜鹃(小)	<i>Rhododendron delavayi</i>	常绿灌木、小乔木	1 200~3 200	贵州、四川、云南	50~60
露珠杜鹃	<i>Rhododendron irroratum</i>	常绿灌木、小乔木	1 700~3 200	云南西部	120~150
露珠杜鹃(小)	<i>Rhododendron irroratum</i>	常绿灌木、小乔木	1 700~3 200	云南西部	50~60
云锦杜鹃	<i>Rhododendron fortunei</i>	常绿灌木、小乔木	600~2 000	四川、贵州及云南东北部	120~150
大白杜鹃	<i>Rhododendron decorum</i>	常绿灌木、小乔木	1 000~3 300	四川、贵州、云南	120~150

1.2 试验地点及条件

本试验在中热胁迫试验基地(海拔900 m)和高热胁迫试验基地(海拔500 m)同时进行.中热胁迫试验基地位于南川大观,地处北纬28°46′—29°30′之间,东经106°54′—107°27′之间,海拔900 m左右,属亚热带季风性湿润气候,年平均气温16.6℃,极端最高温度39.8℃,极端最低温度-5.3℃,年平均降雨量1 185 mm,年日照时数1 273 h.高热胁迫试验基地位于重庆沙坪坝区歌乐山(北纬29°29′—29°44′,东经106°23′—106°26′),海拔500 m左右,属亚热带季风性湿润气候,常年平均气温为18.3℃,年平均降雨量1 085.3 mm,年日照时数1 233.7 h.

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

本试验采用单因子试验设计,选择 3 组抗热剂对高山杜鹃进行喷施处理.不同处理组抗热剂用清水配置质量浓度为:单一抗热剂(150 mg/L 水杨酸)、单一抗热剂(1 500 mg/L 氯化钙)、组合抗热剂(100 mg/L 对氨基水杨酸+600 mg/L 海藻酸+800 mg/L 氯化钙),分别记为 T1,T2,T3,对照组喷施常温清水,记为 CK.每个处理重复 3 次.抗热剂应在上午 9:30—11:00 用喷雾器进行喷施^[13].其中,组合抗热剂喷施时,每种抗热剂喷施后,需待叶片干后再继续喷施下一种抗热剂.喷施抗热剂时,各溶液需要均匀喷施在叶片的正反面,以叶片液体欲滴为宜,连续喷 5 d,对照组喷施等量常温清水.在喷药结束后的 0,2,4,6,8 d,进行杜鹃形态学监测并测定叶绿素荧光参数^[13].在试验期间,采取灌溉、喷雾与遮阴等手段,对高山杜鹃进行统一的田间管理.

1.3.2 测定指标及方法

观察并记录各品种高山杜鹃在不同试验基地物候学特征.物候期观测采用田间目测的方法,每周观测一次,遇有物候转折时期 1~2 d 观测记载一次,到植株完全展叶后观测结束.

叶绿素荧光是快速、无损地探测植物光合功能的重要手段^[14],而叶绿素荧光参数是反映光合作用机制的重要指标,它能快速地监测植物光合作用对逆境胁迫的响应,常被用来反应植株受胁迫的程度^[15-16].杜鹃叶片光系统 II (PS II) 最大光能转化效率(F_v/F_m)在高温胁迫时的响应最为敏感,可作为快速检测杜鹃耐热性的指标^[13].

选择每株植物东、南、西、北 4 个方向的枝条上生长正常的当年生功能叶片(枝条顶端往下数 4~6 片叶位的叶片),挂牌标记,并进行叶绿素荧光指标测定,每处理重复 3 株,每株测 4 片叶片.试验测定时间尽量在 9:00—12:00 之间,仪器采用调制式 OS-30P+叶绿素荧光仪(北京澳作生态仪器有限公司),测试内容主要包括光化学效率变化.主要获取暗适应后的初始荧光(F_0)、PS II 最大光能转化效率(F_v/F_m).测定时选取挂牌叶片,用暗适应夹夹住叶片中部 30 min 后,将分析探头置于叶夹上,打开叶夹遮光板,将暗适应后的部位暴露在由 660 nm 固态光源提供的激发光下.

读取 F_0 ,待 F_0 稳定后由仪器提供的饱和调制脉冲光激发,得到 F_v/F_m ^[17].

1.4 数据处理

所测叶绿素荧光指标经数据采集软件 Data Capture3.0 捕获后转换成 Microsoft Excel 形式进行数据处理,运用 SPSS 软件数据分析,并用 OriginPro 软件进行制图.

2 结果与分析

2.1 不同引种地的环境差异

2.1.1 不同引种地的温湿度差异

由图 1 可知,种源地和两个试验基地的月平均温度、月最高温度、月最低温度、湿度均呈现先上升后降低的趋势.观测时间内,海拔 500 m 试验基地的温湿度值大于海拔 900 m 试验基地的温湿度值,且不同试验基地月平均温度、月最高温度、月最低温度、湿度均于 8 月到达峰值,说明两个试验基地雨热同季.

2.1.2 不同引种地的土壤差异

两个试验基地土壤为统一配置的树状杜鹃营养土壤,其基本理化性质见表 2.从表 2 中可以看出,两个试验基地土壤理化性质差异较小,土壤为黄壤土,pH 值为弱酸性,全氮、全磷、全钾、有机质储量较丰富,满足树状杜鹃生长良好的养分条件.

表 2 配置土壤的基本理化性质

海拔/m	pH 值	全氮/(g·kg ⁻¹)	全磷/(g·kg ⁻¹)	全钾/(g·kg ⁻¹)	有机质/(g·kg ⁻¹)
900	4.9	17.41	1.853	9.988	3 865
500	5.0	17.04	1.805	9.563	3 618

2.2 低山引种对高山杜鹃物候期的影响

物候现象是季节来临早迟的指示器,它可以为植物引种驯化及其合理的栽培管理提供有效的依据^[18].

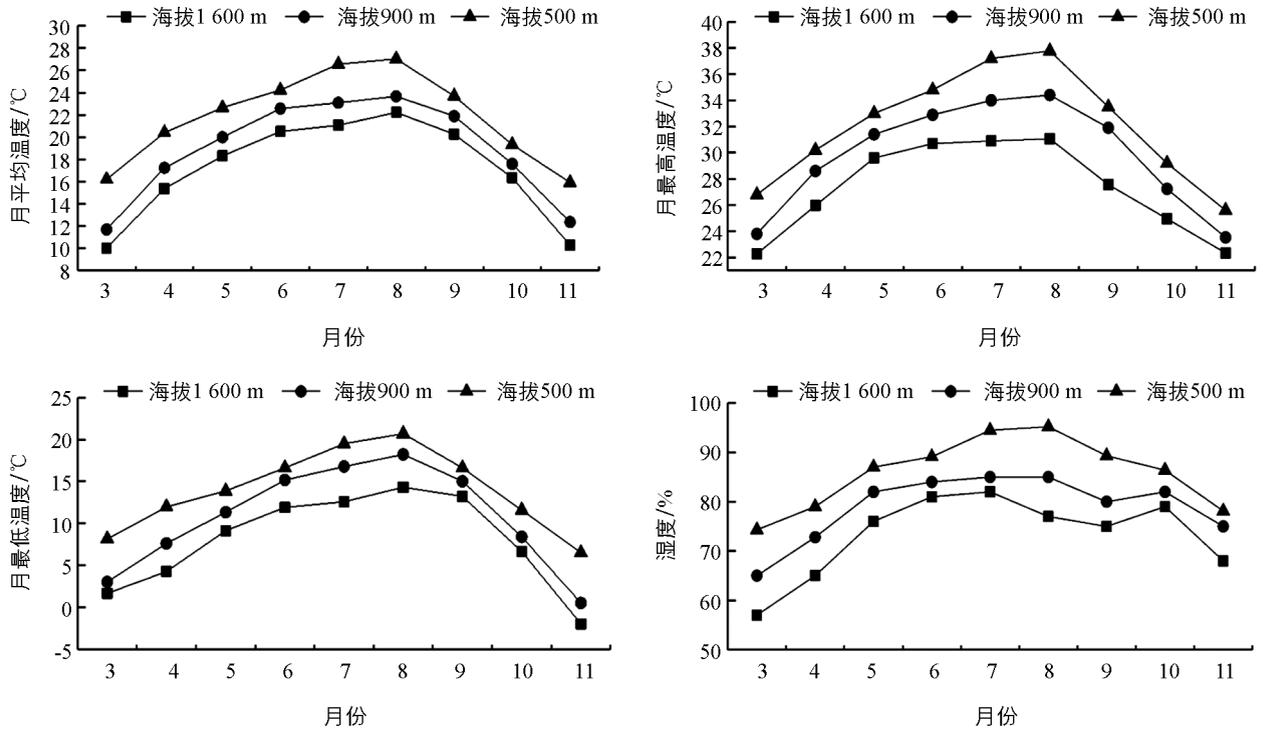


图 1 不同海拔试验基地的温湿度差异

2.2.1 对花物候期的影响

由表 3 可知, 不同试验地高山杜鹃花物候期存在差异, 除云锦杜鹃未开花外, 同一海拔不同引种树状杜鹃按照露珠杜鹃、马缨杜鹃、大白杜鹃的顺序依次进入花期. 对比种源地, 3 种高山杜鹃在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地均提前进入花期. 其中, 马缨杜鹃在海拔 900 m 试验基地提前 8 d, 在海拔 500 m 试验基地提前 20 d; 露珠杜鹃在海拔 900 m 试验基地提前 15 d, 在海拔 500 m 试验基地提前 25 d, 大白杜鹃在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地均提前 7 d. 对比 3 种高山杜鹃不同海拔试验基地开花时长可知, 马缨杜鹃、大白杜鹃开花时长受海拔影响较小, 露珠杜鹃在低海拔地区花期缩短 5 d.

表 3 3 种树状杜鹃不同海拔试验基地花物候期的差异

杜鹃品种	培养地点	海拔/m	初花期	盛花期	终花期	开花时长/d
马缨杜鹃	种源地	1 600	4 月 11 日	4 月 24 日	5 月 15 日	35
	大观基地	900	4 月 3 日	4 月 22 日	5 月 6 日	34
	歌乐山基地	500	3 月 21 日	4 月 4 日	4 月 24 日	34
露珠杜鹃	种源地	1 600	4 月 5 日	4 月 20 日	5 月 1 日	27
	大观基地	900	3 月 20 日	3 月 28 日	4 月 10 日	22
	歌乐山基地	500	3 月 10 日	3 月 26 日	4 月 5 日	22
大白杜鹃	种源地	1 600	4 月 26 日	5 月 1 日	5 月 15 日	20
	大观基地	900	4 月 18 日	4 月 27 日	5 月 7 日	20
	歌乐山基地	500	4 月 18 日	4 月 27 日	5 月 7 日	20
云锦杜鹃	种源地	1 600				
	大观基地	900				
	歌乐山基地	500				

注: 空白表示未开花, 不存在此项.

2.2.2 高山杜鹃叶物候期的差异

由表 4 可知,低海拔试验基地引种高山杜鹃提前进入叶的物候期.对比种源地,低海拔试验基地引种的高山杜鹃均提前进入叶芽萌动期、展叶初期、展叶末期.其中,马缨杜鹃在海拔 500 m 试验基地提前 20 d;马缨杜鹃(小)在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地均提前约 10~20 d;露珠杜鹃在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地叶芽萌动期均提前 20 d;露珠杜鹃(小)在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地提前 8~15 d;云锦杜鹃在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地叶芽萌动期均提前 7~12 d;大白杜鹃在海拔 900 m 试验基地、海拔 500 m 试验基地均提前 10~13 d.

对比同一海拔试验基地不同引种高山杜鹃物候期可知,在两个试验基地,4 种高山杜鹃均按照露珠杜鹃、马缨杜鹃、云锦杜鹃、大白杜鹃依次进入叶芽萌动期,且大苗比小苗提前进入叶芽萌动期.

表 4 4 种树状杜鹃不同海拔试验基地叶物候期的差异

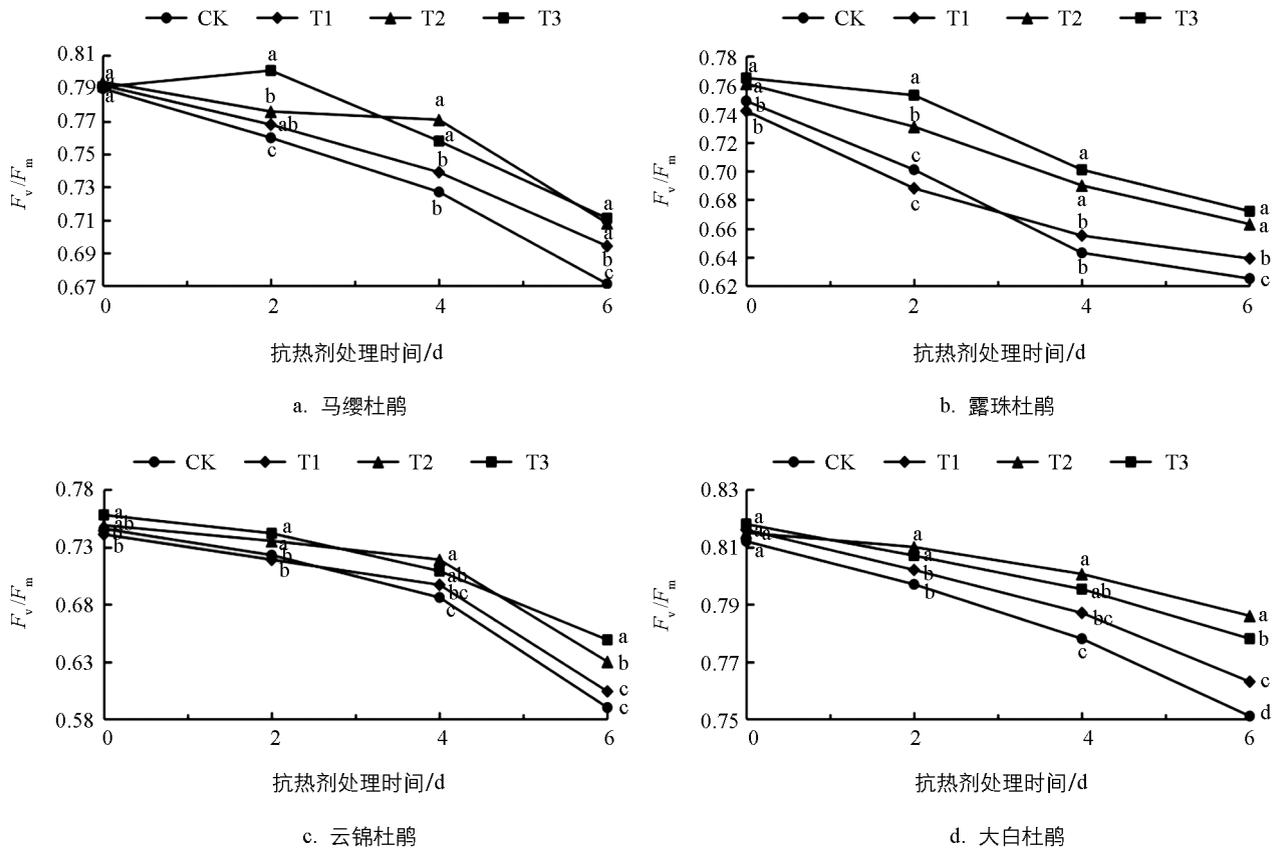
杜鹃品种	培养基地	海拔/m	叶芽萌动期	展叶初期	展叶末期
马缨杜鹃	种源地	1 600	4 月 11 日	4 月 24 日	5 月 20 日
	大观基地	900	4 月 1 日	4 月 14 日	5 月 4 日
	歌乐山基地	500	3 月 21 日	4 月 4 日	4 月 30 日
马缨杜鹃(小)	种源地	1 600	4 月 24 日	5 月 14 日	5 月 27 日
	大观基地	900	4 月 15 日	4 月 25 日	5 月 18 日
	歌乐山基地	500	4 月 14 日	4 月 25 日	5 月 18 日
露珠杜鹃	种源地	1 600	4 月 8 日	4 月 12 日	4 月 30 日
	大观基地	900	3 月 18 日	4 月 4 日	4 月 20 日
	歌乐山基地	500	3 月 18 日	4 月 5 日	4 月 15 日
露珠杜鹃(小)	种源地	1 600	4 月 12 日	4 月 15 日	5 月 5 日
	大观基地	900	3 月 20 日	4 月 7 日	4 月 20 日
	歌乐山基地	500	3 月 20 日	4 月 7 日	4 月 20 日
云锦杜鹃	种源地	1 600	4 月 11 日	4 月 20 日	5 月 7 日
	大观基地	900	4 月 4 日	4 月 11 日	4 月 25 日
	歌乐山基地	500	4 月 4 日	4 月 11 日	4 月 25 日
大白杜鹃	种源地	1 600	4 月 18 日	4 月 23 日	5 月 5 日
	大观基地	900	4 月 5 日	4 月 13 日	4 月 23 日
	歌乐山基地	500	4 月 5 日	4 月 13 日	4 月 23 日

2.3 不同热胁迫下抗热剂对 4 种高山杜鹃抗热性的影响

前期研究发现高山杜鹃在原生地正常生长情况下, F_v/F_m 值通常在 0.80~0.84 之间,当高山杜鹃生长受到高温胁迫时,该参数明显下降并低于 0.78,可作为本次试验参考.

2.3.1 高热胁迫下不同抗热剂对高山杜鹃抗热性的影响

如图 2 所示,马缨杜鹃除 T3 处理组 F_v/F_m 值在观测时间初期有小幅度提升外,其余各种处理均呈现下降趋势.在抗热剂处理 6 d 后,T1,T2,T3 组分别下降了 12.33%,10.71%,10.07%,空白对照组下降了 14.85%.经过方差分析可知,在数据观测的第 0 d,4 组之间差异无统计学意义.观测 6 d 后,3 种处理组 F_v/F_m 值显著高于对照组($p < 0.05$),同时 T2,T3 组与 T1 组差异有统计学意义.说明在海拔 500 m 试验基地喷施 3 种抗热剂均能有效地减轻热胁迫对马缨杜鹃 PS II 的伤害,且不同抗热剂缓解作用存在差异.其中以 T3,T2 处理组较好,T1 处理组次之.



图中小写字母不同表示差异有统计学意义。

图2 高热胁迫下4种高山杜鹃不同抗热剂处理后 F_v/F_m 的变化规律

露珠杜鹃在抗热剂喷施处理6 d后, T1, T2, T3组分别下降了13.88%, 12.96%, 12.23%, 空白对照组下降了16.86%。经过方差分析知, 在试验观测第6 d, T1, T2, T3组显著高于空白对照组, 且T3和T1组差异有统计学意义($p < 0.05$)。说明在海拔500 m喷施3种抗热剂均能有效地减轻热胁迫对露珠杜鹃PS II的伤害。其中以T3处理组最好, T1处理组最弱。

云锦杜鹃在抗热剂喷施处理6 d后, T1, T2, T3组分别下降了18.48%, 15.88%, 14.42%, 空白对照组下降了20.95%。经过方差分析知, 在试验观测第6 d, T1组与空白对照组差异无统计学意义, T2和T3组显著高于空白对照组, 且T3和T1组差异有统计学意义($p < 0.05$)。说明在海拔500 m喷施T2和T3组抗热剂能有效地减轻热胁迫对云锦杜鹃PS II的伤害。其中以T3处理组最好, T2处理组次之。

大白杜鹃各处理组观测期间 F_v/F_m 值均呈现下降趋势, 且在抗热剂喷施处理6 d后, F_v/F_m 值均小于0.800, 说明在该海拔高温胁迫在大白杜鹃PS II的活性受到抑制。在抗热剂喷施处理6 d后, T1, T2, T3处理组分别下降了6.42%, 3.52%, 4.89%, 空白对照组下降了7.43%。经过方差分析知, 在试验观测第6 d, 各组之间差异均有统计学意义($p < 0.05$)。说明在海拔500 m喷施T1, T2, T3组抗热剂能有效地减轻热胁迫对云锦杜鹃PS II的伤害。其中以T2处理组最好, T3处理组次之, T1处理组最弱。

2.3.2 中热胁迫下不同抗热剂对高山杜鹃抗热性的影响

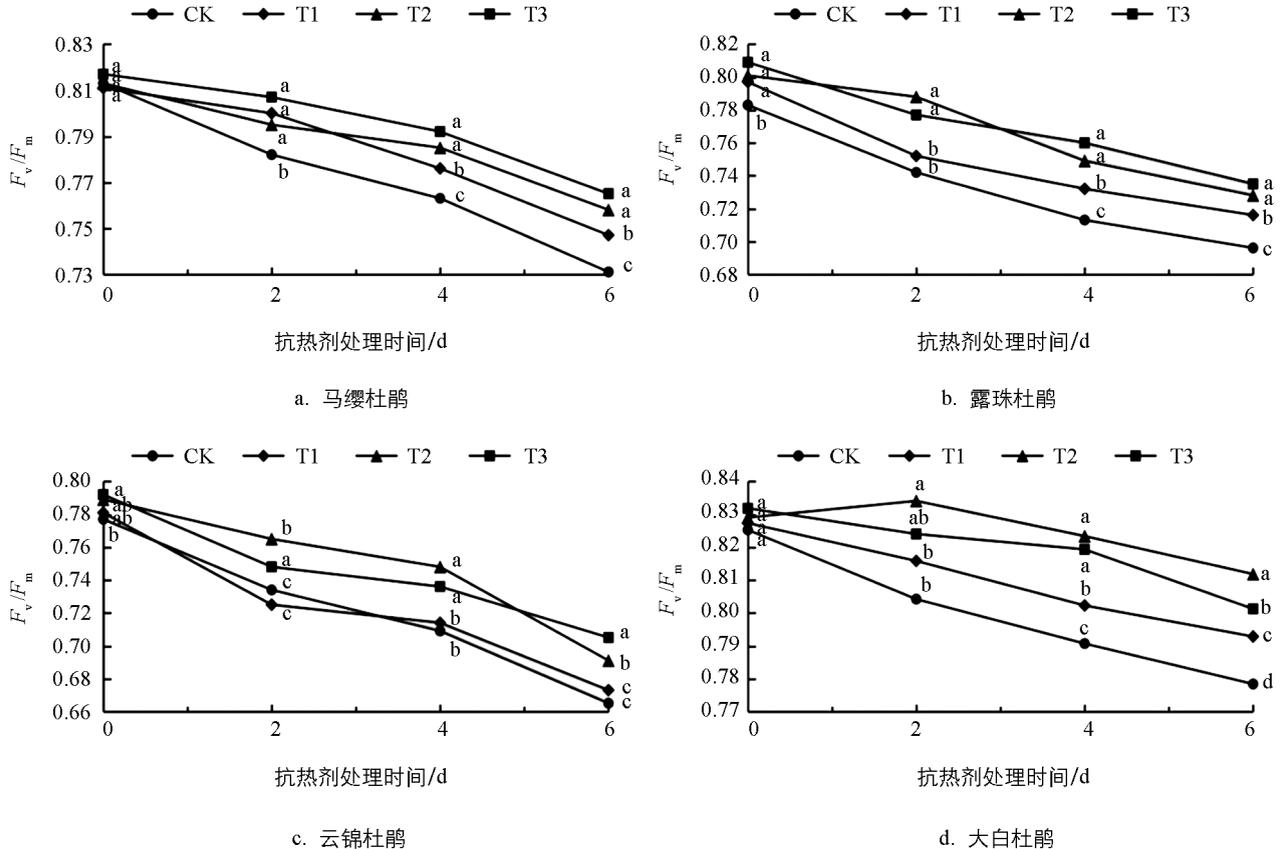
如图3所示, 在中热胁迫试验基地, 马缨杜鹃在抗热剂处理6 d后, T1, T2, T3组分别下降了8.02%, 6.77%, 6.48%, 空白对照组下降了9.72%。经过方差分析可知, 在数据观测的第0 d, 4组之间差异无统计学意义。试验观测第6 d, 3种处理组 F_v/F_m 值显著高于对照组($p < 0.05$), 同时T2和T3组与T1组差异有统计学意义。说明在海拔900 m喷施3种抗热剂均能有效地减轻热胁迫对马缨杜鹃PS II的伤害, 且不同抗热剂缓解作用存在差异。其中以T3和T2处理组较好, T1处理组次之。

露珠杜鹃在抗热剂喷施处理6 d后, T1, T2, T3组分别下降了10.17%, 9.19%, 9.24%, 空白对照组下降了11.23%。经过方差分析知, 在试验观测第6 d, T1, T2, T3组显著高于空白对照组, 且T3和T2组与T1组差异有统计学意义($p < 0.05$)。说明在海拔900 m喷施3种抗热剂均能有效地减轻热胁迫对露珠杜鹃

PSⅡ的伤害. 其中以 T3 和 T2 处理组较好, T1 处理组次之.

云锦杜鹃在抗热剂喷施处理 6 d 后, T1, T2, T3 组分别下降了 13.39%, 11.93%, 10.73%, 空白对照组下降了 14.49%. 经过方差分析知, 在试验观测第 6 d, T1 组与空白对照组差异无统计学意义, T2 和 T3 组显著高于空白对照组 ($p < 0.05$). 说明在海拔 900 m 喷施 3 种抗热剂均能有效地减轻热胁迫对露珠杜鹃 PSⅡ的伤害. 其中以 T3 处理组最好, T2 处理组次之.

大白杜鹃 T2 和 T3 组在观测的 6 d 后, F_v/F_m 值走势基本持平, 且 F_v/F_m 值在 0.800~0.850 之间, 说明在该海拔下 T1 和 T2 组抗热剂能够维持大白杜鹃进行正常的光合作用. T1 组与空白对照组缓慢下降, 分别下降了 3.18%, 5.7%, 10.73%. 经过方差分析知, 在试验观测第 6 d, 各处理组之间存在差异有统计学意义 ($p < 0.05$), 且 T1, T2, T3 组高于空白对照组. 说明在海拔 900 m 喷施 3 种抗热剂均能有效地减轻热胁迫对大白杜鹃光系统Ⅱ(PSⅡ)的伤害. 其中以 T2 处理组最好, T3 处理组次之, T1 处理组最弱.



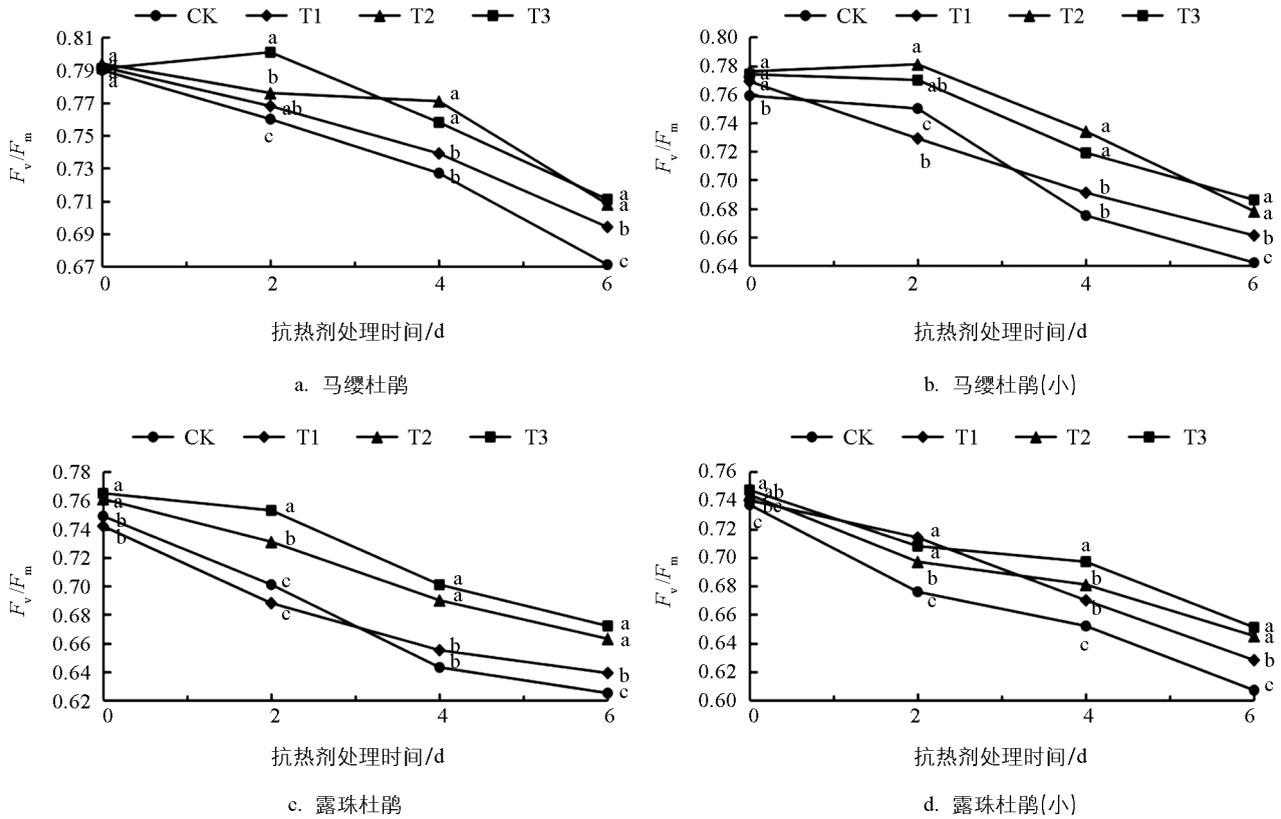
图中小写字母不同表示差异有统计学意义.

图 3 中热胁迫下 4 种高山杜鹃不同抗热剂处理后 F_v/F_m 变化规律

2.3.3 不同规格高山杜鹃对抗热剂施用的响应

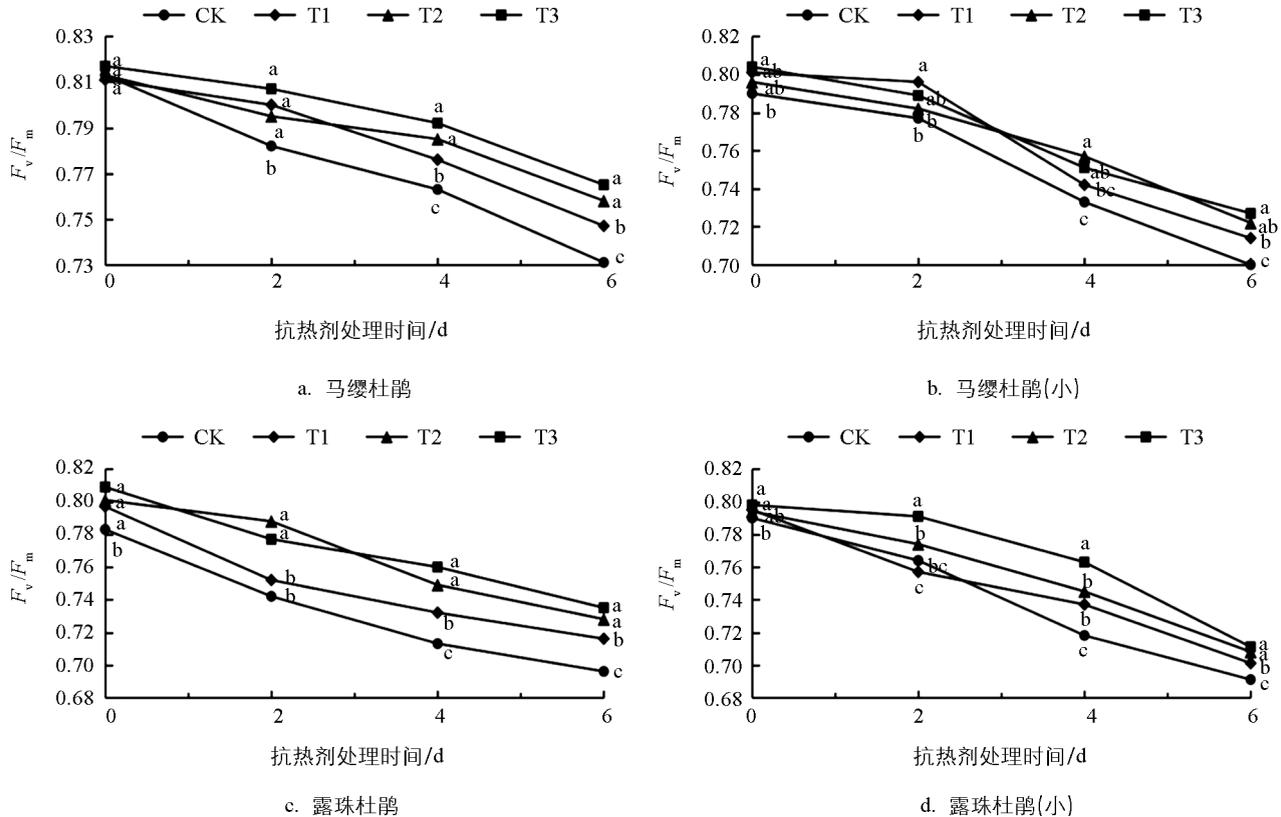
如图 4 所示, 在高压胁迫试验基地, 在抗热剂处理 6 d 后, 马缨杜鹃 T1, T2, T3 组分别下降了 12.33%, 10.71%, 10.07%, 空白对照组下降了 14.85%; 马缨杜鹃(小) T1, T2, T3 组分别下降了 10.90%, 9.33%, 9.62%, 空白对照组下降了 11.38%. 露珠杜鹃 T1, T2, T3 组分别下降了 13.88%, 12.96%, 12.23%, 空白对照组下降了 16.86%; 露珠杜鹃(小) T1, T2, T3 组分别下降了 15.18%, 13.22%, 12.86%, 空白对照组下降了 17.64%. 经对比分析, 马缨杜鹃(小)和露珠杜鹃(小) F_v/F_m 值均小于大苗.

如图 5 所示, 在中热胁迫试验基地, 在抗热剂处理 6 d 后, 马缨杜鹃 T1, T2, T3 组分别下降了 8.02%, 6.77%, 6.48%, 空白对照组下降了 9.72%; 马缨杜鹃(小) T1, T2, T3 组分别下降了 14.02%, 12.54%, 11.39%, 空白对照组下降了 15.41%. 露珠杜鹃 T1, T2, T3 组分别下降了 10.17%, 9.19%, 9.24%, 空白对照组下降了 11.23%; 露珠杜鹃(小) T1, T2, T3 组分别下降了 11.68%, 10.28%, 10.35%, 空白对照组下降了 12.24%. 经对比分析, 马缨杜鹃(小)和露珠杜鹃(小) F_v/F_m 值均小于大苗. 说明面对高温胁迫时, 较大规格苗木的光合作用受抑制程度较小.



图中小写字母不同表示差异有统计学意义。

图 4 高热胁迫下不同规格高山杜鹃抗热剂处理后 F_v/F_m 变化规律



图中小写字母不同表示差异有统计学意义。

图 5 中热胁迫下不同规格高山杜鹃抗热剂处理后 F_v/F_m 变化规律

3 结论与展望

本研究以马缨杜鹃、露珠杜鹃、大白杜鹃和云锦杜鹃为对象,在中热胁迫试验基地(海拔 900 m)和高热胁迫试验基地(海拔 500 m)进行低山引种试验,引种过程中,除云锦杜鹃外,其余高山杜鹃品种均提前进入花期,花期随海拔的降低呈缩短趋势.4 种高山杜鹃均提前进入叶芽萌动期,且大苗比小苗提前进入叶芽萌动期.受热胁迫时,抗热剂的喷施能够提高高山杜鹃的耐热性,有效减缓 F_v/F_m 值的下降,对维持植株在高温胁迫下生理活动的正常进行有一定的积极作用.其中,马缨杜鹃、露珠杜鹃对单一抗热剂(1 500 mg/L 氯化钙)、组合抗热剂(100 mg/L 对氨基水杨酸+600 mg/L 海藻酸+800 mg/L 氯化钙)均有较好的反应;云锦杜鹃对组合抗热剂(100 mg/L 对氨基水杨酸+600 mg/L 海藻酸+800 mg/L 氯化钙)效果最佳;大白杜鹃以喷施单一抗热剂(1 500 mg/L 氯化钙)效果最佳.

因此抗热剂的施用对开展高山杜鹃在低山丘陵地区的引种栽培与应用研究有积极作用,能够促进杜鹃花木产业的多元性发展,为重庆市、西南山地森林公园、城市郊野公园、风景区以及城乡景观林建设增添特色,为美丽城乡提供优良花木.

参考文献:

- [1] 吴福建,李凤兰,黄凤兰,等.杜鹃花研究进展[J].东北农业大学学报,2008,39(1):139-144.
- [2] 冯正波,庄平,张超,等.野生杜鹃花迁地保护适应性评价[J].云南植物研究,2004,26(5):497-506.
- [3] 陈训,巫华美.中国贵州杜鹃花(中英文本)[M].贵阳:贵州科技出版社,2003.
- [4] 吴征镒等.中国植物志[M].北京:科学出版社,2004,57(1):13-211.
- [5] 朱春艳.杜鹃花资源及其园林应用研究[D].杭州:浙江大学,2008.
- [6] 方文培,胡文光.中国四川杜鹃花[M].北京:科学出版社,1986.
- [7] 王颖.四川野生杜鹃花属植物资源的调查与评价[D].北京:北京林业大学,2008.
- [8] 刘晓青,苏家乐,李畅,等.杜鹃花种质资源的收集保存、鉴定评价及创新利用综述[J].江苏农业科学,2018,46(20):13-16.
- [9] 韩久同,陶涛,江朝宝,等.安徽高山杜鹃的引种繁育技术[J].经济林研究,2008,26(4):76-79.
- [10] 张长芹,高连明,薛润光,等.中国杜鹃花的保育现状和展望[J].广西科学,2004,11(4):354-359,362.
- [11] 张乐华.杜鹃属植物的引种适应性研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(4):92-96.
- [12] 丁雨霜.药物处理对毛棉杜鹃幼苗抗热性的影响研究[D].广州:华南农业大学,2016.
- [13] 周媛,童俊,徐冬云,等.高温胁迫下不同杜鹃品种 PSII 活性变化及其耐热性比较[J].中国农学通报,2015,31(31):150-159.
- [14] 温国胜,田海涛,张明如,等.叶绿素荧光分析技术在林木培育中的应用[J].应用生态学报,2006,17(10):1973-1977.
- [15] 张斌,周广柱,聂义丰,等.干旱胁迫对银杏幼苗叶片光合性状的影响[J].江苏农业科学,2016,44(5):202-205.
- [16] CAMEJO D, RODRÍGUEZ P, ANGELES MORALES M, et al. High Temperature Effects on Photosynthetic Activity of Two Tomato Cultivars with Different Heat Susceptibility[J]. Journal of Plant Physiology, 2005, 162(3): 281-289.
- [17] 王王伟,潘存德,张大海,等.新疆 11 个杏品种叶绿素荧光特征比较[J].新疆农业科学,2010,47(4):637-643.
- [18] 高秀芹,赵利群,郑国庆,等.紫斑牡丹引种及生物学特性[J].东北林业大学学报,2009,37(1):25-26.

责任编辑 潘春燕