

干旱胁迫下不同杜鹃品种生理与光合响应

周 媛, 方林川, 董艳芳, 童 俊, 毛 静, 徐冬云

(武汉市农业科学技术研究院 林业果树科学研究所, 湖北省园林植物工程技术中心, 湖北 武汉 430075)

摘 要:以“胭脂蜜”“鸳鸯锦”“花蝴蝶”“紫宸殿”“锦袍”“紫鹤”6个杜鹃品种为试材,研究了干旱胁迫下不同杜鹃品种的生理与光合响应。结果表明:随着干旱胁迫时间的延长,所有杜鹃品种叶片出现不同程度的下垂、萎蔫甚至死亡的现象,其中“锦袍”的伤害程度相对最轻。丙二醛(MDA)含量呈持续上升或先升后降的趋势;可溶性蛋白质含量变化较平缓,总体呈下降的趋势,其中“紫鹤”在干旱第10天时含量达到最高;叶绿素含量呈先下降后上升的趋势;初始荧光(F_0)总体呈现下降再平缓上升的状态,其中“花蝴蝶”与“紫鹤”在10 d后急剧下降至无,这与外观形态表现一致;最大光化学效率(F_v/F_m)与PSII潜在活性(F_v/F_0)变化规律一致,除2个干旱敏感品种急剧降低以外,其它品种均保持平稳状态。

关键词:杜鹃;干旱胁迫;生理响应;叶绿素荧光参数

中图分类号:S 685.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)07-0069-05

杜鹃是杜鹃花科(Ericaceae)杜鹃花属(*Rhododendron* L.)木本植物的总称,别名映山红、满山红等,其种类繁多,姿态优美,花色艳丽,是世界著名的观赏花卉,对世界园林有着重大影响,是我国传统十大名花之一,有“花中西施”的美誉^[1-2]。

干旱是影响园林植物正常生长并导致其观赏性下降的重要因素。不同的杜鹃品种其耐旱性具有显著的不同,李娟^[3]对2个不同品种杜鹃“西鹃”和“毛鹃”进行干旱处理,并对“西鹃”和“毛鹃”的叶片含水量、叶绿素含量、脯氨酸含量、蛋白质含量、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性、抗坏血酸过氧化物酶活性等生理特性做了研究,得出“西鹃”抗旱性大于“毛鹃”的结论。黄承玲等^[4]对持续干旱条件下“露珠”杜鹃、“迷人”杜鹃、“大白”杜鹃的保护酶活性、渗透调节物质、丙二醇和质膜相对透性进行测定,并做抗旱评价,得出丙二醛和保护酶活性可以作为高山杜鹃抗旱性评价的主要指标的结论。叶绿素荧光是研究植物光合作用的机制和探测光合生理状况的一种

新兴技术,能够快速灵敏、无损伤地反映光系统II(PS II)对光能的吸收、传递、耗散、分配等状况,被认为是研究植物光合能力及对环境胁迫响应的有效手段^[5-7]。在杜鹃抗旱性研究中,关于生理指标变化的研究相对较多,但是将生理指标与叶绿素荧光参数相结合研究杜鹃抗旱性的研究相对较少,为了更全面地了解杜鹃花干旱胁迫条件下的生理响应机制,该研究对前期筛选出的观赏价值高的5个品种与目前园林中栽培较多的1个品种,在干旱胁迫条件下测定了外观形态、生理指标和光合指标,综合评价杜鹃花对干旱逆境的抗性,为杜鹃抗旱育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试6个杜鹃品种分别为“胭脂蜜”“鸳鸯锦”“花蝴蝶”“紫宸殿”“锦袍”“紫鹤”。前5个品种为前期筛选的观赏价值高的品种,其中“胭脂蜜”“鸳鸯锦”“花蝴蝶”为‘东鹃’品系品种,“紫宸殿”为‘夏鹃’品系品种,“锦袍”为‘西鹃’品系品种,“紫鹤”为‘春鹃’品系品种也是园林绿化市场常见栽培种。所有供试品种均为大棚内常规管理的扦插盆苗,选取2年生生长一致、健壮的杜鹃盆苗进行试验。

1.2 试验方法

试验在武汉市农业科学技术研究院林业果树科学研究所内进行。在温室内采用盆栽控水法进行水

第一作者简介:周媛(1981-),女,湖北武汉人,博士,高级工程师,现主要从事园林植物栽培生理与育种等研究工作。
E-mail:zhouyuan@wuhanagri.com

基金项目:武汉市农科院2017年创新团队资助项目(CX2017);国家自然科学基金青年科学基金资助项目(31300587)。

收稿日期:2016-10-08

分胁迫处理,并保持通风。干旱处理为给苗木浇清水至饱和后不再浇水,每隔 5 d 在 08:00—09:00 采样,采样叶片立即剪碎混合均匀后对样品进行生理生化指标测定,试验期间观察记录其叶片形态变化,直至供试植株叶片严重萎蔫为止。

1.3 项目测定

1.3.1 杜鹃外观形态评定 以干旱处理过程中每盆杜鹃下垂萎蔫的叶片数量占全部叶片数量百分率作为叶片伤害百分率,每 5 d 测定 1 次,重复测定 3 盆,取平均值。

1.3.2 杜鹃生理指标测定 叶片丙二醛(MDA)含量、可溶性蛋白质含量与叶绿素含量测定均参照李合生^[8]的方法,重复测定 3 次,取平均值。

1.3.3 杜鹃叶绿素荧光指标测定 叶绿素荧光参数主要采用 OS1P 叶绿素荧光测定仪检测,选择 6 个叶片作为重复,分别进行 F_0 、 F_m 、 F_v 等荧光参数的测定。叶片测定前充分暗适应 30 min,测定初始荧光 F_0 ,此时叶片光系统 PSII 反应中心全部处于开放状态,之后用强饱和脉冲光激发,使原初电子受体全部处于还原状态,此时激发出最大荧光 F_m , $F_v = F_m - F_0$,为暗适应叶片的最大可变荧光,进一步计算得到光系统 II(PSII)潜在活性 F_v/F_0 与最大光化学效率 F_v/F_m 。

1.4 数据分析

采用 SAS 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对杜鹃叶片外观形态的影响

由表 1 可知,在干旱处理 5 d 时,供试的杜鹃品种基本上生长良好,仅“花蝴蝶”部分叶片出现了失水下垂现象。在干旱处理 10 d 时,除“紫宸殿”“锦袍”无明显伤害以外,其它品种叶片开始出现明显的萎蔫现象,其中“花蝴蝶”“紫鹤”的萎蔫较为严重,整体植株濒临死亡,因此 10 d 以后不进行这 2 个品种

表 1 干旱胁迫对不同杜鹃品种叶片伤害率的影响

Table 1 Effects of drought stress on leaf damage percentage of different <i>Rhododendron</i> cultivars %				
品种 Cultivars	处理时间 Treatment days/d			
	5	10	15	20
“胭脂蜜”‘Yanzhimi’	0	10	20	90
“鸳鸯锦”‘Yuanyangjin’	0	15	25	90
“花蝴蝶”‘Huahudie’	20	80	—	—
“紫宸殿”‘Zichendian’	0	0	5	50
“锦袍”‘Jinpao’	0	0	5	45
“紫鹤”‘Zihe’	0	90	—	—

的生理与光合指标测定。至干旱 15 d 时,“胭脂蜜”“鸳鸯锦”出现了一定的叶片萎蔫现象,而“紫宸殿”“锦袍”仍然处于伤害较小的状态。至干旱 20 d 时,所有杜鹃品种均出现大面积叶片萎蔫,其中“锦袍”的伤害程度相对最轻。

2.2 干旱胁迫对杜鹃生理指标的影响

2.2.1 干旱胁迫对杜鹃叶片丙二醛含量的影响

植物在逆境条件下,往往发生膜脂过氧化作用,丙二醛(MDA)是其产物之一,通常利用它作为脂质过氧化指标,表示细胞膜脂过氧化程度。由图 1 可知,受干旱胁迫后,所有杜鹃品种的 MDA 含量均呈上升趋势或先升后降的趋势,“紫宸殿”“锦袍”在 5 d 与 15 d 出现 2 个峰值,15 d 的峰值要高于 5 d 的峰值。“花蝴蝶”“紫鹤”叶片的 MDA 含量在干旱 5 d 即达到高峰,之后迅速下降。“胭脂蜜”“鸳鸯锦”的 MDA 含量在干旱胁迫下平缓上升,其中“胭脂蜜”在 10 d 达到最大值后又开始平缓下降。

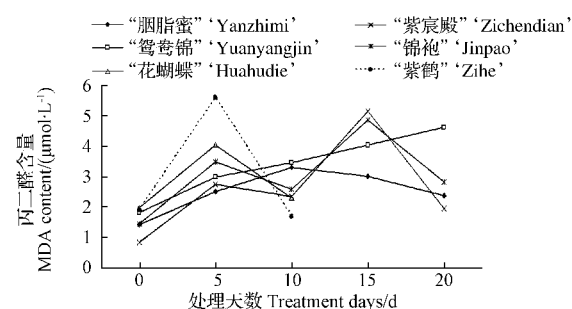


图 1 干旱胁迫对杜鹃叶片丙二醛含量的影响

Fig. 1 Effects of drought stress on leaf MDA content of different *Rhododendron* cultivars

2.2.2 干旱胁迫对杜鹃叶片可溶性蛋白质含量的影响 从图 2 可以看出,除“紫鹤”先降低后急剧升高以外,大部分品种的蛋白质含量变化较平缓,基本呈现缓和波动状态。其中,“胭脂蜜”“鸳鸯锦”是前期缓慢下降后期又缓慢增加末期又有些许下降;“紫宸殿”是中期略微下降的波动状态;而“花蝴蝶”“锦袍”是前期缓慢增加后期缓慢下降的状态。

2.2.3 干旱胁迫对杜鹃叶片叶绿素含量的影响

图 3 表明,在干旱胁迫下,不同供试杜鹃品种叶绿素含量变化趋势基本呈现先下降后上升的趋势,其中“花蝴蝶”“紫鹤”在 5 d 后急剧上升,而其它品种在 15 d 以后才开始明显上升,其中“鸳鸯锦”在后期上升幅度相对较大。

2.3 干旱胁迫对杜鹃叶绿素荧光指标的影响

2.3.1 干旱胁迫对不同杜鹃品种叶片初始荧光(F_0)的影响 F_0 是暗适应下的初始荧光,反映 LH-

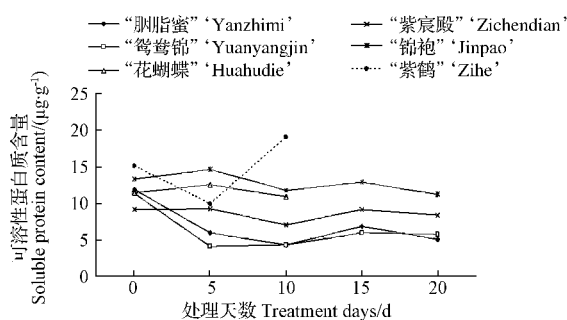


图2 干旱胁迫对杜鹃叶片可溶性蛋白质含量的影响

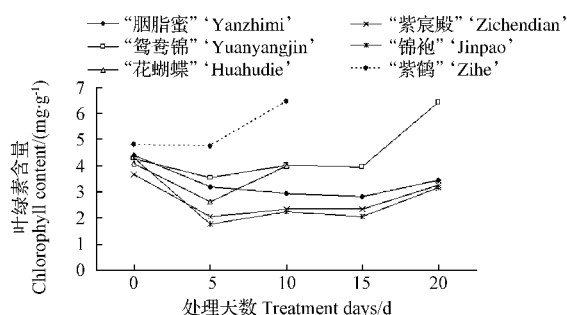
Fig. 2 Effects of drought stress on leaf soluble protein content of different *Rhododendron* cultivars

图3 干旱胁迫对杜鹃叶片叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effects of drought stress on leaf chlorophyll content of different *Rhododendron* cultivars

CII(捕光色素复合体)与PSII的结合状态。从图4可以看出,干旱胁迫下不同杜鹃品种的 F_0 变化趋势不同,基本趋势是胁迫初期略有下降,随着胁迫时间延长 F_0 上升,其中干旱敏感品种“花蝴蝶”“紫鹤”在胁迫10 d后由于叶片失水萎蔫死亡急剧下降, F_0 已检测不到;而其它4个品种在干旱10 d后才开始增加,其中“胭脂蜜”“紫宸殿”在处理15 d以后 F_0 增加幅度加大,而“锦袍”“鸳鸯锦”变化较平缓,这与外观形态变化一致。

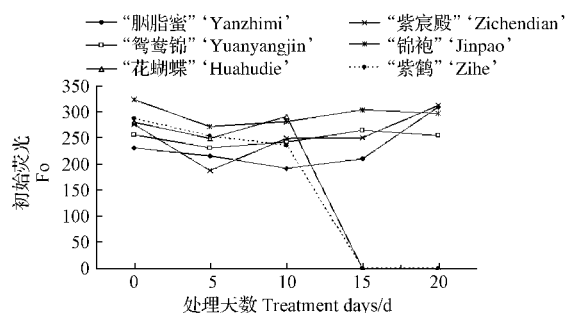


图4 干旱胁迫对杜鹃叶片初始荧光的影响

Fig. 4 Effects of drought stress on leaf F_0 of different *Rhododendron* cultivars

2.3.2 干旱胁迫对不同杜鹃品种叶片PSII潜在活性 F_v/F_0 的影响 F_v/F_0 可以反映PSII的潜在活性,从图5可以看出,在干旱胁迫处理下,不同杜鹃品种的 F_v/F_0 的变化规律不同,其中“花蝴蝶”“紫鹤”从干旱初始一直呈现下降趋势,在5 d后急剧下降,而干旱胁迫10 d前,其它4个杜鹃品种的变化趋势不大,在干旱胁迫10 d后,除“鸳鸯锦”变化不明显外,其它品种均有小幅度增加,而在15 d后均下降。

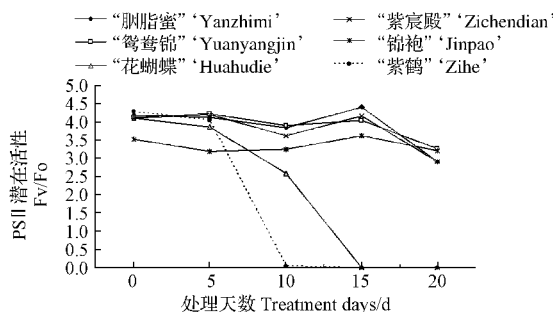


图5 干旱胁迫对杜鹃叶片PSII潜在活性的影响

Fig. 5 Effects of drought stress on leaf F_v/F_0 of different *Rhododendron* cultivars

2.3.3 干旱胁迫对不同杜鹃品种叶片最大光化学效率 F_v/F_m 的影响 F_v/F_m 表示植物叶片光系统II最大或潜在光化学效率,适宜环境条件并经充分暗适应的叶片 F_v/F_m 一般保持在0.75~0.85,当植物遭受逆境胁迫时, F_v/F_m 会明显降低。由图6可以看出,干旱胁迫下不同杜鹃品种的 F_v/F_m 的变化趋势不同,其中“紫鹤”在干旱处理5 d后就发生急剧的下降,在干旱处理10 d时已接近于0,“花蝴蝶”在干旱处理10 d以后发生急剧的下降;而其它供试品种在干旱处理过程中变化不明显,一直保持较稳定状态,在干旱胁迫15 d后略有降低。

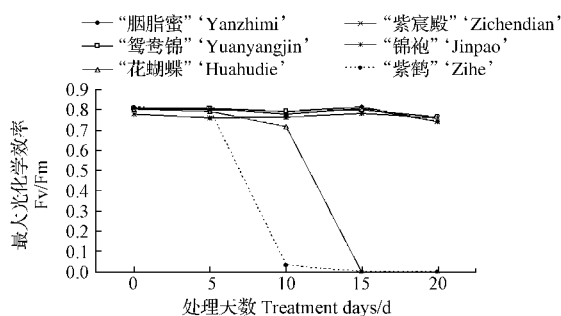


图6 干旱胁迫对杜鹃叶片最大光化学效率的影响

Fig. 6 Effects of drought stress on leaf F_v/F_m of different *Rhododendron* cultivars

3 讨论

植物抗旱能力受多因素影响,测定外观形态、生理指标与光合指标可以较好地反映植物对干旱逆境

的抗性。从外观形态看,“花蝴蝶”“紫鹤”较早出现伤害症状而“紫宸殿”“锦袍”较晚出现,表明后二者抗旱性较强。丙二醛(MDA)含量与质膜相对透性具有相关性,是植物受伤害程度的指标之一。一般MDA含量越高,植物受伤害程度越严重。该研究表明MDA含量总体呈现上升趋势,“花蝴蝶”“紫鹤”是在干旱胁迫初期迅速上升至峰值后又迅速下降;“紫宸殿”“锦袍”出现2个峰值,这与黄承玲等^[4]在“迷人”杜鹃和露珠杜鹃上的研究结果一致,表明植物感受到干旱胁迫,启动了防御机制,抑制了膜脂过氧化过程,后期随着胁迫程度增加,防御系统丧失,导致MDA又急剧上升。干旱胁迫条件使得6个杜鹃品种的相对透性明显增强,这与许多抗旱性研究结果一致^[9]。

杜鹃可溶性蛋白质含量变化趋势较平缓,主要呈现先增加后降低或从胁迫初始就持续降低的状态。末期上升状态可能由于叶片水分急剧丧失以至单位鲜质量下的叶片数量增加导致。有报道认为,可溶性蛋白质具有渗透调节功能,胁迫初期的可溶性蛋白质增加可维持细胞保持较低的渗透势,抵抗水分胁迫带来的伤害。另有报道认为,逆境胁迫诱导了某些调控蛋白表达,导致可溶性蛋白质增加。该研究发现所有杜鹃品种可溶性蛋白质含量变化平缓,可能由于杜鹃的可溶性蛋白质含量与干旱胁迫关系较小。

叶绿素总含量在一定程度上反映植物同化物质的能力,干旱胁迫下叶绿素含量的变化可以指示植物对于干旱胁迫的敏感性,植物受到干旱胁迫时,由于叶片严重失水,常常造成细胞质的破坏,叶绿素随之降解。研究显示,抗旱性强的叶片叶绿素含量表现为下降的趋势,而抗性弱的表现为上升趋势,这与该研究结果一致。较早出现伤害症状的“花蝴蝶”“紫鹤”在干旱胁迫初期急剧上升,而其它品种在胁迫前期下降至胁迫末期才缓慢上升,并且“紫宸殿”“锦袍”“鸳鸯锦”的上升幅度较小。

叶绿素荧光参数的测定可以更清晰地表明植物光合作用中对光能的吸收、传递、耗散、分配情况。 F_0 是暗适应下的初始荧光,一般认为,逆境胁迫下类囊体膜结构改变导致 F_0 缓慢增加,反映了PSII反应中心失活或LHCII与PSII的分离^[10-11]。该研

究结果表明,大部分供试杜鹃品种基本表现为在干旱胁迫初期略微下降而后期缓慢上升状态,而其中“花蝴蝶”“紫鹤”在5 d后急剧增加而在10 d后急剧下降至无,这与“花蝴蝶”“紫鹤”较早出现失水萎蔫伤害症状较一致。 F_v/F_0 可以反映PSII的潜在活性,该研究中除干旱敏感的“花蝴蝶”与“紫鹤” F_v/F_0 在胁迫5 d后迅速下降,其它品种一直处于平缓波动状态。 F_v/F_m 是PSII最大或潜在光化学效率,在逆境胁迫下常被用于指示PSII的受损程度, F_v/F_m 的下降与 F_0 的上升相伴出现是光抑制发生的标志,该研究发现 F_v/F_m 与 F_v/F_0 变化规律一致,除2个干旱敏感品种急剧降低以外,其它品种均保持平稳状态,表明干旱胁迫对杜鹃叶片光系统II的伤害不是渐进式的而是突发式,在没有达到品种耐热阈值时对光系统II没有造成明显伤害,而达到某一阈值时对于光系统II的伤害突然导致不可逆转的损害继而叶片到整株植株死亡。

参考文献

- [1] 朱春燕,包志毅,唐宇力. 杜鹃花赏析[J]. 生物学通报,2006,41(6):16-17.
- [2] 张永辉,姜卫兵,翁忙玲. 杜鹃花的文化意蕴及其在园林绿化中的应用[J]. 中国农学通报,2007,23(9):11-17.
- [3] 李娟. 两种杜鹃花的土壤干旱胁迫研究[D]. 贵阳:贵州师范大学,2009.
- [4] 黄承玲,陈顺,高贯龙. 3种高山杜鹃对持续干旱的生理响应及抗旱性评价[J]. 林业科学,2011,47(6):48-55.
- [5] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报,1999,16(4):444-448.
- [6] MAXWELL K, JOHNSON G N. Chlorophyll fluorescence-a practical guide[J]. Journal of Experimental Botany,2000,51(345):659-668.
- [7] 赵会杰,邹琦,于振文. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用[J]. 河南农业大学学报,2000,34(3):2482-2511.
- [8] 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,2000:105-263.
- [9] 柯世省,杨敏文. 水分胁迫对云锦杜鹃光合生理和光温响应的影响[J]. 园艺学报,2007,34(4):959-964.
- [10] 罗明华,胡进耀,吴庆贵,等. 干旱胁迫对丹参叶片气体交换和叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(3):619-623.
- [11] DEMMING A B, ADAMS W W, BARKER D H, et al. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation[J]. Physiologia Plantarum, 1996,98:253-264.

Responses of Physiology and Photosynthesis to Different *Rhododendron* Cultivars Under Drought Stress

ZHOU Yuan, FANG Linchuan, DONG Yanfang, TONG Jun, MAO Jing, XU Dongyun

(Institute of Forestry & Fruit-tree, Wuhan Academy of Agricultural Science & Technology/Hubei Engineering Technology Research Center of Landscape Plant, Wuhan, Hubei 430075)

光照、赤霉素对灰毛蓝钟花种子萌发的影响

周梦霞, 彭正松, 杨在君, 包志远

(西华师范大学 西南野生动植物资源保护省部共建教育部重点实验室, 四川 南充 637009)

摘要:以灰毛蓝钟花种子为试材,采用正交实验设计,研究了光照、赤霉素浓度、不同浸种时间处理对灰毛蓝钟花种子萌发情况的影响,以期提高灰毛蓝钟花种子的萌发率,增加高山植物在低海拔地区存活的机率。结果表明:灰毛蓝钟花种子在赤霉素浓度 $600\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、光照 12 h、浸种 12 h 或 18 h 时发芽率、发芽势以及发芽指数最大,种子萌发持续时间最长,种子开始萌发时间和萌发高峰期最短。灰毛蓝钟花种子不喜长时间光照,光照时间越长不利于种子发芽,黑暗处理对种子萌发有促进作用。浸种时间越长对种子损害越大,不利于种子萌发。

关键词:灰毛蓝钟花;种子萌发;光照;赤霉素;浸种时间

中图分类号:S 682.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)07-0073-08

灰毛蓝钟花(*Cyananthus incanus*)属桔梗科(Campanulaceae)蓝钟花属,主要分布于喜马拉雅山等邻近地区。在我国分布于西藏南部和东部、云南西北部、四川西南部和青海(囊谦),锡金、不丹、印度也有分布^[1]。灰毛蓝钟花是生长高度介于树线以上雪线(固态降水的零平衡线)以下的高山植物,生于海拔 3 100~5 400 m 的高山草地、灌丛草地、林下、路边及河滩草地中^[2]。作为一种高山植物,其形

态优美、生态功能显著、适应特殊综合生态环境强,具有观赏价值、药用价值、生态价值以及遗传价值。鉴于多年来无人引种驯化成功,为提升野生植物种子资源价值,该试验通过研究灰毛蓝钟花的引种渠道,为该种广泛运用以及价值实现提供了依据。

灰毛蓝钟花种子矩圆状,淡褐色,平均长 1.721 mm,宽 0.540 mm。长宽比 3.187。在体式显微镜(SMZ-118-TL)下解剖,用 Motic Image Advanced 软件观察到种子深棕色有黑色斑纹。表皮皮表面是窄网状条纹形纹饰,网壁宽、疏、网眼小^[3]。在喜马拉雅山一代高山地区,该植物以种子繁殖为主,种子为蒴果,种子产量大,在生产地繁殖快,产量高,但是随着近年气温升高,该种因气温变化而呈现向生长地高海拔地区生长,同时植物产量减少而且人工培养种子成活率、发芽率低。为了改变此现状,该试

第一作者简介:周梦霞(1991-),女,硕士研究生,研究方向为园林植物与观赏园艺。E-mail:Zhoumengxiahyp@163.com.

责任作者:彭正松(1964-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事植物资源保护与利用等研究工作。E-mail:pzs8833@163.com.

收稿日期:2016-09-23

Abstract: The responses of physiology and photosynthesis were researched in *Rhododendron* 'Yanzhimi' 'Yuanyangjin' 'Huahudie' 'Zichendian' 'Jinpao' 'Zihe' under drought stress. The results showed that the leaves of *Rhododendrons* became drop, wilting with different degrees and even died, among those, the leaves of 'Jinpao' were hurt most lightly. The content of MDA increased and then decreased. The content of protein of most *Rhododendrons* appeared a gently decreasing trend but 'Zihe' decreased firstly and then increased, reaching the highest point after 10 days. The content of chlorophyll decreased firstly and then increased. Initial fluorescence (F_0) indicated decreasing trend firstly, and then increasing, however, that of 'Huanhudie' and 'Zihe' decreased sharply to zero and which was consisted with their appearance. The value of F_v/F_m (Optimal photochemical efficiency of PSII) and F_v/F_0 (Potential activity of PSII) remained at a certain state, except two drought-sensitivity cultivars ('Huanhudie', 'Zihe') decreased sharply.

Keywords: *Rhododendron*; drought stress; physiological response; chlorophyll fluorescence