

DOI:10.11937/bfyy.201710015

# 不同光环境下三花杜鹃光合特性的比较

刘 林, 张良英, 费文群, 曹润发

(西藏农牧学院 植物科学学院, 西藏 林芝 860000)

**摘 要:**以三花杜鹃为试材,在全光照( $1\ 400\sim 2\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、林缘( $800\sim 1\ 600\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )和林下( $100\sim 500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )3种光照环境下,分析了三花杜鹃的叶片性状及光合特性,以探讨三花杜鹃栽培适宜的光环境。结果表明:随光强的减弱,三花杜鹃的叶长、叶宽增加,比叶重下降。林缘和林下2个处理的总叶绿素含量均显著低于全光照处理,叶绿素a/b虽略有下降但差异不显著。与全光照环境相比,林缘和林下处理的三花杜鹃光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)和暗呼吸速率( $R_d$ )呈现下降的趋势,但最大净光合速率( $P_{\text{max}}$ )以林缘处理最高,为9.58。综合分析,林缘处理的光环境较适宜三花杜鹃,因此在园林设计中应注意与其它植物的搭配,适度遮阴。

**关键词:**三花杜鹃;光环境;光合特性;叶片性状

**中图分类号:**S 685.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0062-04

杜鹃属(*Rhododendron*)植物大多株形优美、花色丰富,具有很高的观赏价值,素有木本花卉之王的美誉。三花杜鹃(*Rhododendron triflorum*)为常绿灌木,在西藏东南部2 500~3 700 m海拔广泛分布<sup>[1]</sup>。花序短总状或近伞形,花冠宽漏斗状,淡黄或带杏红色,观赏价值较高<sup>[2-3]</sup>;同时对环境适应性和抗逆性也较强,在当地具有重要的生态价值。

目前,国内关于杜鹃的研究已涉及种质资源、种子繁殖、抗逆性及光合生理等诸多方面<sup>[2,4-6]</sup>。其中,光环境对植物的形态建成具有重要作用,也是影响植物生长发育尤其是光合特性的重要因素。对大花杜鹃品种‘Furnivall’s Daughter’的研究表明,适度遮阴可有效提高光饱和点,降低光补偿点和呼吸速率,进而促进净光合速率的提升<sup>[6]</sup>。而三花杜鹃主要分布于林下、林缘或山坡灌丛等生境,在不同生境下其光环境也会存在较大变化。目前,关于光环境对三

花杜鹃光合作用的影响尚鲜见报道。该研究通过比较不同光环境下三花杜鹃的叶片性状及光合特性,探讨其适宜的光环境,以期在三花杜鹃的栽培与园林布景提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试三花杜鹃采自西藏自治区林芝市西藏农牧学院后山(东经 $94^{\circ}19'36.1''$ ,北纬 $29^{\circ}40'17.1''$ ),海拔2 980 m。

### 1.2 试验方法

于2016年8月在同一三花杜鹃居群内,选择全光照、林缘、林下3种不同光环境的植株,全光照环境下的植株生境为草地,光照强度约为 $1\ 400\sim 2\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ;林缘、林下处理为青冈林缘或林下,光照强度分别为 $800\sim 1\ 600$ 、 $100\sim 500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。各处理样地均在 $20\ \text{m}^2$ 以上。

### 1.3 项目测定

1.3.1 叶片表型性状及叶绿素含量的测定 每处理选取典型植株3~4株,采集功能叶10片,利用游标卡尺测定叶长、叶宽、叶片厚度及叶柄长等指标。用打孔器打取叶片,根据叶片鲜质量与叶面积比值计算比叶重。单位叶面积的叶绿素含量采用95%乙醇研磨提取、测定。

1.3.2 光合参数的测定 于8月中旬晴朗天气条

**第一作者简介:**刘林(1980-),男,山东淄博人,博士,副教授,现主要从事园艺生理的教学和研究等工作。E-mail:liuxlin54@sina.com.

**责任作者:**张良英(1981-),女,博士,副教授,现主要从事园艺植物栽培及种质资源利用等研究工作。E-mail:413193634@qq.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31360490)。

**收稿日期:**2017-02-07

件下,选择长势一致的健壮植株上部功能叶测定光合-光响应曲线。光强梯度(光合有效辐射 PAR)设定为 2 000、1 800、1 600、1 400、1 200、800、600、400、200、100、50、25、0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,大气  $\text{CO}_2$  浓度为 380~400  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,环境条件为温度 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,空气相对湿度 35%~55%。采用分段函数拟合光响应曲线,计算光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)、最大净光合速率( $P_{\text{max}}$ )及暗呼吸速率( $R_d$ )等参数,函数表达式为: $Pn=a_dI-R_d(I \leq 100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$ ;  $Pn=aI^2+bI+c(I > 100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$ 。其中, $I$ 代表光合有效辐射, $R_d$ 为暗呼吸速率, $a$ 、 $b$ 、 $c$ 为系数<sup>[7]</sup>。

#### 1.4 数据分析

采用 Excel 2007 软件对试验数据进行处理与图表制作;采用 SPSS 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光环境对叶片性状及叶绿素的影响

光照不仅是影响光合作用的最重要因素之一,

表 1

不同光环境下三花杜鹃叶片的表型性状

处理 Treatment	叶长 Leaf length/mm	叶宽 Leaf width/mm	叶形指数 Leaf shape index	叶片厚度 Leaf thickness/mm	叶柄长 Petiole length/mm
全光照 Full sunlight	43.42b	23.13b	1.88a	0.31a	4.75b
林缘 Forest edge	43.22b	21.74b	1.99a	0.26b	6.11ab
林下 Under forest	57.23a	29.86a	1.92a	0.24b	7.42a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上的差异显著性,下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among treatments at 0.05 level, the same as below.

表 2

不同光环境下三花杜鹃叶绿素的含量

处理 Treatment	叶绿素 a 含量 Chl a content/ $(\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2})$	叶绿素 b 含量 Chl b content/ $(\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2})$	总叶绿素含量 Chl a+b content/ $(\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2})$	叶绿素 a/b Chl a/b	比叶重 SLW/ $(\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2})$
全光照 Full sunlight	48.47a	15.36a	63.83a	3.14a	26.58a
林缘 Forest edge	32.92b	10.84ab	43.76b	3.11a	22.24a
林下 Under forest	30.96b	9.96b	40.92b	3.10a	14.74b

### 2.2 不同光环境下三花杜鹃光合特性的比较

由图 1 可知,在 0~50  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  低光强条件下净光合速率  $P_n$  随光强增加而迅速提升,该阶段以林下处理  $P_n$  值相对较高;此后随光强的进一步增加,林缘处理的  $P_n$  值明显上升且高于其它处理。当光照强度达到 1 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时,林下处理的  $P_n$  值出现下降的趋势;而全光照与林缘处理的  $P_n$  值增幅趋缓,且二者间的差距逐渐缩小。

一般情况下,光补偿点较低的植物利用弱光能力较强;而光饱和点较高的植物能更有效利用强光<sup>[10]</sup>。结合图 1、表 3 可知,全光照处理的三花杜鹃 LSP 与 LCP 均最高,分别为 1 545.77、19.71  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而林下处理的 LSP、LCP 最

对植物的生长发育及形态建成也存在重要调控作用<sup>[8]</sup>。由表 1 可知,随生境中光强的减弱,叶长、叶宽及叶柄长总体上呈现递增的趋势。与全光照处理相比,林缘生境下三花杜鹃的上述指标差异并不显著,林下处理却显著增加,这些性状的改变有利于植物对光照的充分利用。叶片厚度则与光强呈正相关,随光照的减弱而下降;叶形指数在 3 个处理间差异不显著。

由表 2 可知,随着生境中光强的减弱,叶绿素 a、b 和总叶绿素含量均不同程度的降低,而各处理的叶绿素 a/b 无显著变化。与全光照相比,林下与林缘处理三花杜鹃的叶绿素 a、总叶绿素含量均显著下降,叶绿素 b 含量则只在林下处理明显降低。比叶重可作为光合作用的一个参数,同时也是衡量叶片质量的一个稳定指标<sup>[9]</sup>。全光照处理下三花杜鹃比叶重最大,为 26.58  $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,且与林缘处理差异不显著。

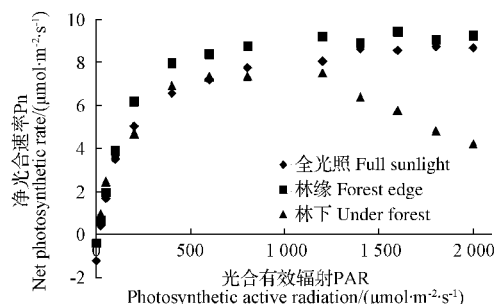


图 1 不同光环境下三花杜鹃的光响应曲线

Fig. 1 Photosynthetic responses of *R. triflorum* to light intensities under different light environment intensities

低,为  $1\ 007.93/6.82\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。 $P_{\text{max}}$  值以林缘处理最高,为  $9.58\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,林下处理最

低,为  $7.53\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; $R_d$  则以林缘、林下处理相对较低,分别为  $0.44/0.40\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表 3

不同光环境下三花杜鹃的光合参数比较

Table 3

Photosynthetic parameters of *R. triflorum* under different light environments

处理 Treatment	光饱和点 LSP/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	光补偿点 LCP/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	最大净光合速率 $P_{\text{max}}/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	暗呼吸速率 $R_d/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
全光照 Full sunlight	1 545.77	19.71	8.79	1.16
林缘 Forest edge	1 403.42	9.43	9.58	0.44
林下 Under forest	1 007.93	6.82	7.53	0.40

### 3 讨论与结论

叶片是光合作用的主要器官,光环境通过调节植物叶片的形态建成及光合特性等诸多方面,从而对光合作用产生重要影响。随光环境的变化特别是光强的减弱,三花杜鹃的叶长、叶宽增加,比叶重下降,以增强对弱光环境的适应性,这与对多数植物的研究<sup>[8,11]</sup>类似。一般认为,随光强的减弱,植物叶片的总叶绿素含量上升而叶绿素 a/b 下降<sup>[6]</sup>;但也有研究认为叶绿素含量和叶绿素 a/b 均随光强的减弱而降低<sup>[8]</sup>。试验表明,林缘和林下生境的三花杜鹃总叶绿素含量均显著降低,叶绿素 a/b 虽略有下降但不明显。

植物的光合特性直接反映了植物的需光特性与光适应性,同时也受光环境的影响。LSP 和 LCP 分别代表了植物对光照强度耐受性的上限和下限<sup>[12]</sup>。LSP 越高,表明植物对强光的适应性越强;LCP 越低,对弱光的利用能力越强<sup>[8]</sup>。与全光照环境相比,林缘和林下处理的三花杜鹃 LSP、LCP 和  $R_d$  均不同程度的下降,表明在不同光强的生境下发生适应性变化。全光照处理的总叶绿素含量虽然最高,但其  $P_{\text{max}}$  值略低于林缘处理。这可能是由于强光照射易导致光抑制的发生<sup>[6,13]</sup>。

虽然林缘处理较林下处理的叶长、叶宽较小,但考虑到其  $P_{\text{max}}$ 、LSP 等光合参数较高,林缘处理条件光强较适宜,因此林缘下光环境可能更优。综合比较各项光合参数及叶片性状,林缘处理的光照强度

也比全光照更适宜三花杜鹃光合作用的进行,因此在园林设计中应注意与其它植物的搭配,适度遮阴。

### 参考文献

- [1] FANG M Y, FANG R Z, HE M Y, et al. *Rhododendron* [M]// WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. *Flora of China*. Beijing: Science Press, 2005: 260-455.
- [2] 刘林, 张良英, 牛歆雨, 等.  $GA_3$  对 2 种杜鹃种子萌发特性的影响[J]. 种子, 2015, 34(7): 5-7.
- [3] 肖东梅, 宣艳辉, 朱光杰, 等. 三花杜鹃组培快繁技术的研究[J]. 北方园艺, 2010(23): 140-142.
- [4] 徐静静, 张良英, 赵冰, 等. 色季拉山 8 个杜鹃花野生种亲缘关系的 ISSR 分析[J]. 种子, 2016, 35(3): 1-4.
- [5] 黄承玲, 陈训, 高贵龙. 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.
- [6] 王松, 蔡艳飞, 李枝林, 等. 光照条件对高山杜鹃光合生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(10): 2095-2101.
- [7] 段爱国, 张建国. 光合作用光响应曲线模型选择及低光强属性界定[J]. 林业科学研究, 2009, 22(6): 765-771.
- [8] 李运丽, 侯喜林, 李志强, 等. 光强对紫罗勒花青素含量及光合特性的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 231-238.
- [9] 陈华蕊, 陈业渊, 高爱平, 等. 芒果叶绿素含量、比叶重与光合速率关系的研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(6): 1848-1850.
- [10] 刘晓青, 苏家乐, 李畅. 高山杜鹃品种光合特性比较[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(5): 1132-1136.
- [11] 战吉成, 黄卫东, 王志龙, 等. 葡萄幼苗对弱光环境的形态和生长反应[J]. 中国农学通报, 2002, 18(2): 1-2, 17.
- [12] 尚海琳, 李方民, 林玥, 等. 桃儿七光合生理特性的地理差异研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(7): 1440-1447.
- [13] 曹玉峰, 徐娟, 林永木, 等. 不同光照条件对兴安杜鹃和迎红杜鹃光合生理的影响[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(8): 19-20.

## Comparative of Photosynthetic Characteristics of *Rhododendron triflorum* Under Different Light Environments

LIU Lin, ZHANG Liangying, FEI Wenqun, CAO Runfa

(Department of Plant Science, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000)

**Abstract:** *Rhododendron triflorum* was used as material, leaf traits and photosynthetic characteristics of *Rhododendron triflorum* under different light environments ( $1\ 400-2\ 000, 800-1\ 600, 100-500\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

DOI:10.11937/bfyy.201710016

# 植物延缓剂对杨柴抗旱性的调控作用

陈晓娜<sup>1</sup>, 高永<sup>1</sup>, 宋晓敏<sup>2</sup>, 李婉娇<sup>1</sup>, 杨世荣<sup>1</sup>, 程波<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 沙漠治理学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 国际竹藤中心, 北京 100102)

**摘要:**以通过盆栽试验获得的一年生杨柴幼苗为试材, 利用叶绿荧光参数分析不同浓度多效唑(0、150、300、450、600 mg·L<sup>-1</sup>)对杨柴幼苗抗旱性的影响, 以期筛选出提高杨柴抗旱性的最佳多效唑浓度。结果表明:轻度干旱条件下, 150~600 mg·L<sup>-1</sup>多效唑处理对杨柴的ETR、Yield、Fv/Fm、Fv'/Fm'、Fv/Fo表现为促进作用, 且促进作用随多效唑浓度升高先加强后减弱, 多效唑浓度过高则会显著抑制qN(P<0.05)。采用隶属函数法对杨柴各项荧光指标进行综合评价, 得出300 mg·L<sup>-1</sup>的多效唑对一年生杨柴幼苗抗旱性的增强效果最佳。

**关键词:**杨柴; 干旱; 多效唑; 叶绿荧光参数

**中图分类号:**S 793.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0065-05

生态环境是人类生存与发展最基本的条件, 随着我国西部大开发战略实施, 植被建设与恢复逐渐成为生态环境好转的根本措施, 日益得到广大群众关注与认可<sup>[1]</sup>。但由于植物耗水过大, 大量消耗沙地水分, 使得沙地水分与植物生长供需严重失调, 导致土壤湿度接近或达到凋萎系数, 植物由于土壤水分不足而生长受抑最终死亡, 致使土地再次缺少植物的保护, 已得到固定的沙丘再次活化, 沙区植被建设与恢复再次成为一项艰巨的任务<sup>[2]</sup>。

**第一作者简介:**陈晓娜(1994-), 女, 内蒙古呼伦贝尔人, 硕士研究生, 研究方向为荒漠化防治。E-mail: 775164470@qq.com.

**责任作者:**高永(1962-), 男, 内蒙古包头人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为荒漠化防治。E-mail: 13948815709@163.com.

**基金项目:**国家林业局 948 资助项目(2015-4-22)。

**收稿日期:**2016-12-12

杨柴(*Hedysarum mongolicum* Turcz.)作为西北沙区生长的典型沙生灌木树种, 沙区恢复植被、保持水土、防风固沙的先锋树种, 发挥着极其重要的作用<sup>[3]</sup>, 但杨柴自身耗水性较强, 幼苗易受到干旱、高温等环境胁迫, 导致其成活率降低, 抗风蚀的固沙能力下降。多效唑是一种新型的广谱高效植物生长抑制剂, 具有高效、低毒的特点, 能引起植物体内一系列的代谢和结构变化, 通过调节植物内源激素改善植物的生态空间构型, 减弱植被蒸腾损失, 降低植株耗水, 增强植物的抗逆性<sup>[4]</sup>, 提高植物成活率, 可以从根本上解决干旱地区植被耗水性强与水资源短缺的矛盾<sup>[5]</sup>。

干旱胁迫下, 植物将发生一系列的光合生理变化, 进而影响其生长发育。叶绿荧光分析技术作为植物光合状况检测的一种新技术, 可以内在的反映光系统对光能的吸收、传递、耗散及分配等特点<sup>[6-8]</sup>。已有研究表明, 干旱胁迫引起光系统II(PSII)光化学

were analyzed, in order to select the suitable light environment for cultivation. The results showed that with the decrease of light intensity, the leaf length and leaf width increased but the specific leaf weight decreased. Compared with the full sunlight treatment, total chlorophyll content of *R. triflorum* grown in the forest or forest edge were both significantly reduced, but the ratio of chlorophyll a/b of the two treatments had not decline significantly. Under full sunlight environment, the light saturation point (LSP), light compensation point (LCP) and dark respiration rate ( $R_d$ ) were the highest. However the maximum net photosynthetic rate ( $P_{max}$ ) of the forest edge treatment was the highest overall. After comprehensive analysis, it was concluded that the forest edge treatment may be the most appropriate light environment for *R. triflorum*.

**Keywords:** *R. triflorum*; light environments; photosynthetic characteristics; leaf traits