

# 不同种源白花树苗期荧光光响应特性比较研究

赵 勋, 李 因 刚, 柳 新 红

(浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

**摘 要:**以 6 个种源白花树为试材, 运用便携式光合气体分析系统(LI-6400)对不同种源白花树的荧光光曲线生理特性进行测定和对比分析, 研究了不同种源白花树苗期荧光的光响应特性。结果表明: 各种源白花树 PSII 实际光化学效率( $\Phi_{PS2}$ )、光化学猝灭系数( $qP$ )、PSII 有效光化学效率( $F_v'/F_m'$ )的光响应曲线整体上均随光照强度的增加而下降; 而非光化学猝灭系数(NPQ)、光化学速率(PCR)和电子传递速率(ETR)则与其相反。除福建永安种源外, 其它种源在  $\Phi_{PS2}$ 、 $F_v'/F_m'$ 、 $qP$ 、ETR、PCR 等参数上均没有呈现明显差异。

**关键词:**叶绿素荧光; 光响应曲线; 白花树; 种源; 驯化

**中图分类号:**S 792 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)01-0046-04

白花树(*Styrax tonkinensis*)为安息香科安息香属落叶小乔木, 又名越南安息香, 属热带、亚热带树种<sup>[1]</sup>。该树种树干通直, 木质细致, 材质轻软, 是良好的木质工艺原料; 树脂称“安息香”, 含较多香脂酸, 是贵重药材, 并可制造高级香料<sup>[2]</sup>; 花白色成串, 清香, 可用于园林绿化。近年来对白花树研究主要集中在引种<sup>[3]</sup>、油脂分析<sup>[4]</sup>、生境调查<sup>[5]</sup>等方面, 而对不同种源白花树生理方面研究尚鲜见报道, 现对该树种荧光光响应特性进行初步研究, 了解不同种源白花树荧光特性的差异, 以为白花树引种驯化、光合性能的改良提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于杭州市西湖区浙江林业科学研究院试验苗圃内, 东经 120°1.49', 北纬 30°13.128', 气候属亚热带季风性, 四季分明, 温暖湿润。年平均气温 15.9~17.0℃, 极端最高气温 39.8~42.9℃, 极端最低气温 -7.1~-15.0℃。年平均相对湿度 76%~81%。无霜期 199~328 d。土壤类型为山地红壤, 砾石含量较高, 土壤较贫瘠, pH 6.0。

### 1.2 试验材料

试验材料为 6 个种源白花树, 即江西大余、贵州从

江、湖南宜章、福建永安、广西上思、云南屏边。种源和种源内采种母树生境基本情况见表 1。

**表 1 白花树种源与采种母树生境概况**

Table 1 Survey of *S. tonkinensis* provenances and habitat of mother trees for seed collecting

种源地 Provenances	年均温 Mean annual temperature/℃	年降雨量 Rainfall /mm	年日照 Sunshine hours/h	无霜期 Frost free period/d	土壤类型 Soil type
江西大余 JXDY	18.5	1 563	1 499	301	红壤、黄壤
贵州从江 GZCJ	18.4	1 193	1 284	328	黄壤、红壤
湖南宜章 HNYZ	18.3	1 393	1 603	292	黄棕壤
福建永安 FJYA	19.1	1 581	1 846	297	红壤
广西上思 GXSS	21.2	1 217	1 896	347	砖红壤、红壤
云南屏边 YNPB	16.4	1 650	1 372	343	红壤、赤红壤

### 1.3 试验方法

2009 年 9~10 月从各地采种, 11 月进行统一晾干、去壳, 12 月沙藏。试验采用完全随机区组设计, 3 次重复, 每重复 50 株以上。2010 年 3 月播种, 行距 20 cm, 株距 20 cm。苗高为 20 cm 后间苗 1 次, 株行距为 30 cm×50 cm, 5 月施复合肥 1 次, 施肥量 10 kg/667m<sup>2</sup>, 施肥方式穴施。3~6 月除草 1 次/月, 7~8 月除草 2 次/月, 浇水为即干即浇。

### 1.4 项目测定

2010 年 9 月选择典型晴天, 用配有荧光测量系统的 LI-6400XT 便携式光合仪对 6 个不同种源白花树的叶绿素荧光光曲线主要生理指标进行测定, 每次选取正常生长植株, 向阳面中部枝条的第 5、6 片正常生长的叶片; 每个种源选择 3 株, 每株选择 3 个叶片, 每次测量同一叶片的相同位置。先测量暗适应下的荧光参数  $F_0$ 、 $F_m$ 、 $F_v/F_m$  值, 为准确测定每个叶片的  $F_0$ 、 $F_m$ 、 $F_v/F_m$  值, 在叶片经过一晚暗适应后进行测量。测定设置: Flash

**第一作者简介:**赵勋(1975-), 男, 硕士, 工程师, 现主要从事园林植物生理生态研究工作。E-mail:xyzfu@126.com

**责任作者:**柳新红(1967-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事森林培育研究工作。E-mail:lsliuxh@163.com

**基金项目:**浙江省重大科技专项资助项目(2008C12019); 浙江省创新团队建设与人才培养资助项目(2010F20014)。

**收稿日期:**2012-09-19

intensity强度为7, Duration 闪光持续时间为0.8 s。同天进行光适应下荧光参数的测定, 方法为对测过的暗适应下荧光参数的白花树经过饱和光强下光适应后, 使用 Auto prog 程序进行, 测量时输入已测的  $F_0$ 、 $F_m$  和暗光合速率, 光源由 6400-40 叶绿素荧光叶室光源提供, 测定荧光光响应曲线的光照强度取值为: 2 000、1 500、1 200、1 000、500、200、100、50、20、0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 最小等待时间设定为 2 min, 最大等待时间设定为 4 min,  $\text{CO}_2$  变化值小于 20 mg/L 时自动匹配。测得光适应下荧光参数包括: 叶片最大荧光( $F_m'$ )、最小荧光( $F_0'$ )、可变荧光( $F_v'$ )、PSII有效光化学效率( $F_v'/F_m'$ )、PSII实际光化学效率(PhiPS2)、电子传递速率(ETR)、光化学荧光猝灭( $qP$ )和非光化学荧光猝灭(NPQ)。部分荧光参数计算公式如下: 光化学速率  $\text{PCR} = F_v'/F_m' \times qP \times \text{PAR}^{[6]}$ 。

### 1.5 数据分析

对所测数据应用 Excel 2003 软件进行数据处理和制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 白花树 PhiPS2 和 $F_v'/F_m'$ 的比较

由图 1 可知, 各种源白花树 PhiPS2 和  $F_v'/F_m'$  的光响应曲线整体上均随光照强度的增加而下降。对各种源 PhiPS2 的结果进行比较, 表明福建永安种源 PhiPS2 在各种光照强度下明显低于其它种源; 在光强大于

300  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时, 湖南宜章种源 PhiPS2 一直高于其它种源, 其次是广西上思种源, 而云南屏边种源、贵州从江种源和江西大余种源 PhiPS2 相近。

各种源白花树的  $F_v'/F_m'$  都随着光强增强而降低, 而福建永安种源在光强 0~800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  范围内, 其  $F_v'/F_m'$  一直低于其它种源, 当光强升至 800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以上时, 其  $F_v'/F_m'$  值下降速度变缓, 光强增至 1 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以后, 其  $F_v'/F_m'$  值下降速度最为缓慢。各种源  $F_v'/F_m'$  值在同一光强下没有显示明显差异。

### 2.2 白花树 $qP$ 和 NPQ 比较

由图 2 可知, 各种源白花树叶片  $qP$  随光照强度上升而下降, 但是 NPQ 正好相反。各种源的  $qP$  以福建永安种源最低, 明显低于其它种源。光强 500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以后, 湖南宜章种源  $qP$  开始明显高于其它种源, 其次是广西上思种源, 再次是云南屏边种源和贵州从江种源, 接着是江西大余种源, 其中广西上思、贵州从江、江西大余和云南屏边 4 个种源间的差异不明显。

各种源 NPQ 在光强为 0~800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时, 随光强的升高近线性增大, 800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以后虽有增大, 但比较平缓, 1 500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以后, 除福建永安种源外略下降外, 其它种源近似保持不变。光强在 0~500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时, 福建永安种源 NPQ 最高, 500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以后, 贵州从江种源的 NPQ 开

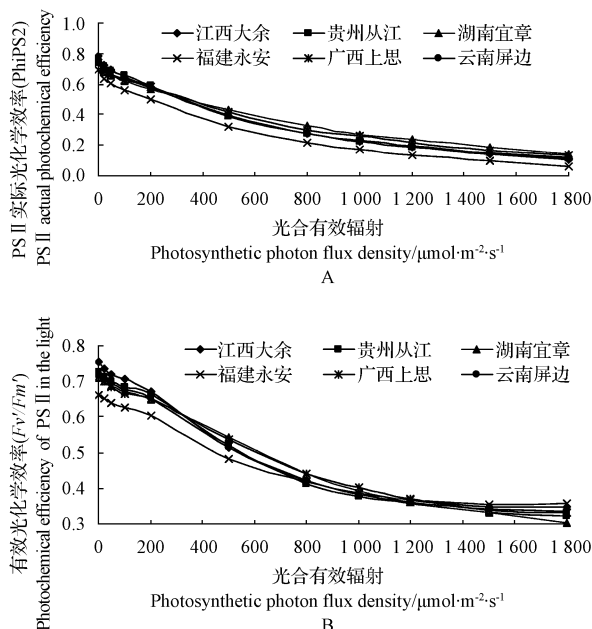


图 1 不同种源白花树叶片 PSII 有效光化学效率(A)和 PSII 实际光化学效率(B)光响应曲线的比较

Fig. 1 Comparison of the light responsive curves of photochemical efficiency of PSII(A) and the actual photochemical efficiency (B) to the light in *S. tonkinensis* leaves of different provenances

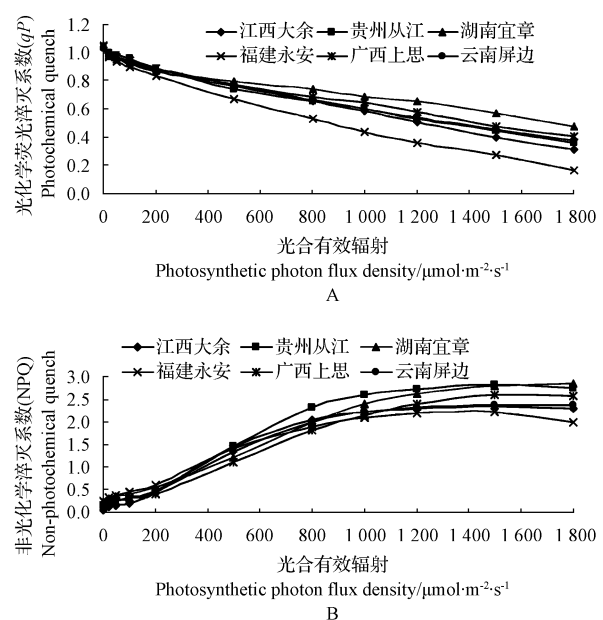


图 2 不同种源白花树叶片  $qP$ (A)和 NPQ(B)光响应曲线的比较

Fig. 2 Comparison of the light responsive curves of photochemical quench(A) and non-photochemical quench (B) to the light in *S. tonkinensis* leaves of different provenances

始高于其它种源。云南屏边种源  $qP$  和  $NPQ$  在整个变化之中,都表现为比较平缓,始终介于其它种源之间。说明其 PSII 反应中心的关闭程度属于中等水平。

### 2.3 白花树 PCR 和 ETR 比较

由图 3 可知,随着光照强度的增加,白花树叶片 PCR 和 ETR 的光响应曲线开始均呈上升趋势,当达到峰值时,各种源均显示出略有下降的趋势。PCR 和 ETR 在低于  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右时,随光照强度上升而迅速上升;高于此光照强度,除福建永安种源外,其它各种源 PCR 和 ETR 上升速率保持平缓。

各种源白花树在不同光强下,PCR 表现不同,江西大余、贵州从江、云南屏边和广西上思种源在光强  $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右时 PCR 最高,湖南宜章种源 PCR 峰值出现在  $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右,福建永安种源 PCR 峰值出现在  $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。ETR 变化趋势与此相似。从整个图形看,广西上思种源和云南屏边种源在高光照时,PCR 和 ETR 变化极其微弱,明显低于其它种源的变化。

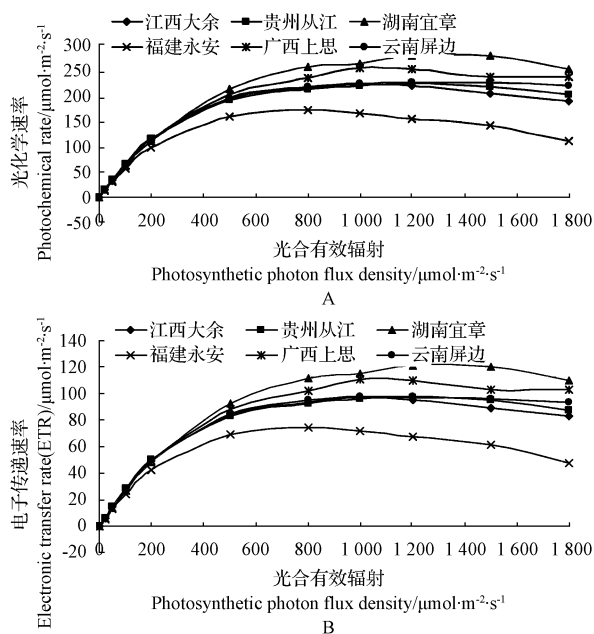


图 3 不同种源白花树叶片光化学速率 PCR(A)和电子传递速率 ETR(B)光响应曲线的比较

Fig. 3 Comparison of the light responsive curves of photochemistry rate(A) and electronic transfer rate (B) in *S. tonkinensis* leaves of different provenances

### 3 结论与讨论

不同种源白花树荧光光曲线变化趋势为; $\Phi_{PS2}$ 、 $F_v'/F_m'$ 和  $qP$  随光强升高而下降, $NPQ$  随光强升高而增大。6 个参试种源中,福建永安种源的  $\Phi_{PS2}$ 、 $qP$ 、

PCR 和 ETR 与其它种源有明显差异。形成此结果的原因可能是福建永安种源的生长习性已适应原生长地环境条件,一旦引种到一个新的环境中,叶片形态结构没有能够及时相应的改变,导致适应能力较弱。而其它种源表现出相似的适应能力,可能是这些种源的叶片光合结构能够较快地发生相应的适应性改变,在短期内能够适应多种环境的变化而生存。在气候条件差异程度相似的情形下,福建永安种源与其它种源相比,荧光参数表现出明显的差异,另一可能原因是引种地的土壤条件与其它种源地土壤条件差异较小,而与福建永安种源地土壤条件较大导致的结果。为确定导致福建永安种源的荧光光响应参数与其它种源之间在同一生长环境条件下,表现出明显地差异,而其它种源之间的荧光参数之间没有呈现明显差异,应进一步对各种源白花树的叶片的微观结构进行研究,还需对福建永安种源进行详细的调查,以确定该种源是否也是从外地引种。

光照条件下植物叶片叶绿素荧光参数对光照强度有强烈的依赖性<sup>[7-8]</sup>。白花树叶片叶绿素荧光参数 PCR 和 ETR 对光照强度的响应曲线可知,光照强度  $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  是曲线分快速和慢速响应阶段分界点,与光合-光响应曲线相似,而且各种源白花树的光饱和点也在  $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右,由此推测 PCR 和 ETR 对光照强度响应曲线的变化分界点可能与光饱和点有关。具体是否相关需要进行进一步研究。

综上所述,由于福建永安种源引种到新的生长环境,其叶片光合能力低于其它种源,建议在引种时,应以其它 5 个种源为主要引种对象。

### 参考文献

- [1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志 [M]. 60 卷. 2 分册. 北京: 科学出版社, 2004: 84-86.
- [2] 《树木学》(南方本)编写委员会. 树木学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 243-244.
- [3] 谢建秋, 柳新红, 王军峰, 等. 东京野茉莉引种试验初报 [J]. 浙江林业科技, 2006, 26(4): 33-35.
- [4] 刘光斌, 黄长干, 刘苑秋, 等. 东京野茉莉油的提取及其制备生物柴油的初步研究 [J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(4): 687-689.
- [5] 李因刚, 柳新红, 赵勋. 白花树地理分布及气候特征研究 [J]. 西南林业大学学报, 2011, 31(1): 5-10.
- [6] Demmig-Adams B, Adamslii W W. Photoprotection and other responses of plant to high light stress [J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1992, 43: 599-626.
- [7] 刘卫琴, 康琅, 汪良驹. ALA 对草莓光合作用的影响及其与抗氧化酶的关系 [J]. 西北植物学报, 2006, 6(1): 57-61.
- [8] 孙永平, 汪良驹. ALA 对遮荫条件下西瓜幼苗叶绿素连续荧光动力学的影响 [J]. 园艺学报, 2007, 34(4): 901-908.

# 不同栽培措施对野生大百合生长和开花的影响

张帆, 刘敏, 赵景龙, 邓洁, 余婷

(四川农业大学 风景园林学院, 四川 温江 611130)

**摘要:**以野生大百合为试材,研究了不同栽培基质、施肥配方和遮荫度对野生大百合生长及开花的影响。结果表明:野生大百合在 40% 园土+30% 珍珠岩+30% 腐殖土的基质上生长最好,施肥以 N:P:K=2:2:3 的配比最好,在遮荫度为 45% 的情况下具有相对较高的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,胞间 CO<sub>2</sub> 浓度较低。综合分析认为,好的基质、合理施肥以及适度遮荫是野生大百合驯化成功的关键。

**关键词:**大百合;基质配比;施肥配方;遮荫;光合特性;驯化

**中图分类号:**S 682.2<sup>+</sup>65 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)01-0049-04

大百合(*Cordicrinum giganteum*)为百合科(Liliaceae)大百合属多年生草本植物,因其植株高大,花大优美、芳香,在欧洲获得了“百合王子”的美誉<sup>[1]</sup>。我国大百合主要分布在西藏、云南、四川、陕西、湖北、河南等地,其中四川特有的地理环境为大百合的生长繁衍提供了适宜的环境,是我国大百合分布最密集的地方<sup>[2]</sup>。目前对野生大百合的研究多集中于其分布、资源概况、分类、生物多样性<sup>[3-4]</sup>和组织培养等方面<sup>[5]</sup>。但是对野生大百合的引种驯化缺乏系统的研究,没有形成一套完整的栽培技术,因此目前野生大百合还没有用于生产。现以野生

大百合为试材,研究不同栽培基质、施肥配方和遮荫度对野生大百合生长及开花的影响,旨在为野生大百合在城市园林中的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为来源于雅安市天全县小河乡海拔为 1 300~2 500 m 的野生大百合。秋冬季节待野生大百合地上部分死亡后,选择晴天采挖种球,带回室内,采用沙埋储藏。初春,种球在栽植前用高锰酸钾 1 000 倍溶液浸泡 30 min 消毒,晾干后于试验地盆栽。为保证试验的准确性,试验所用大百合种球大小均匀一致,周径为(35±1)cm。

### 1.2 试验方法

试验在四川省雅安市四川农业大学农场大棚进行。

**第一作者简介:**张帆(1975-),女,博士,副教授,现主要从事园林植物与观赏园艺的研究工作。E-mail:nolady@163.com.

**基金项目:**四川省“十二五”科技攻关资助项目(2011YZGG-10)。

**收稿日期:**2012-08-22

## Study on Light Response Characteristics of Chlorophyll Fluorescence Comparison in Seedlings of Different Provenances of *Styrax tonkinensis*

ZHAO Xun, LI Yin-gang, LIU Xin-hong

(Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou, Zhejiang 310023)

**Abstract:** Taking six different provenances of *Styrax tonkinensis* as materials, the light curve of chlorophyll fluorescence of *Styrax tonkinensis* were measured with LI-6400 portable photosynthesis system and comparatively analyzed, for comparing the light response characteristics of chlorophyll fluorescence in seedlings of different provenances *Styrax tonkinensis*. The results showed that as the illumination intensity increased, photosynthetic responses curves of actual photochemical efficiency (PhiPSII), Photochemical quench (qP), and Photochemical efficiency in the light (Fv'/Fm') dropped, while curves of Non-photochemical quench (NPQ), Photochemical rate (PCR), Electronic transfer rate (ETR) ascended. There were non-obviously differences in PhiPS2, Fv'/Fm', qP, ETR and PCR, of these provenances except for 'Yong'an of 'Fujian'.

**Key words:** chlorophyll fluorescence; light response curves; *Styrax tonkinensis*; provenance; domestication