

不同光照下丁香属的光合生理特性研究

朱 瑾^{1,2}, 陈进勇^{1,2}

(1. 北京市植物园, 北京 100093; 2. 北京市花卉园艺工程技术研究中心, 北京 100093)

摘 要:以不同品种丁香属植物为试材, 采用便携式光合测定系统, 研究了不同光照对丁香光合生理的影响, 并测定了 6 种丁香的光响应曲线。结果表明: 全光照下, 布氏丁香和红丁香的净光合速率呈现双峰变化曲线, 平均净光合速率比在庇荫条件下高出 20 倍以上。全光照下, 光能利用效率和水分利用效率的高峰值出现在 6:00 和 16:00, 庇荫条件下, 则是 10:00—14:00 光能利用效率最高, 10:00 左右水分利用效率出现峰值。蒸腾速率的日变化与净光合速率存在明显的相关性, 全光照下气孔开度显著高于遮荫条件下。光补偿点为 $52\sim 90\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 光饱和点在 $800\sim 1\ 400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 也说明丁香属为阳性植物。不同丁香种类的光合能力, 以什锦丁香最高, 最大净光合速率达 $20\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 小叶丁香最低约 $8\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 朝阳丁香、北京丁香、垂丝丁香和四川丁香在 $13\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。

关键词:丁香属; 净光合速率; 光响应曲线

中图分类号:S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)19-0068-05

丁香属(*Syringa*)原产欧亚大陆, 由于不同丁香种类原产地环境条件不一, 栽培时对光照、温度、湿度等条件要求各不相同。欧丁香类喜欢凉爽和光照充足的环境, 在北京栽培时容易受夏季高温多雨的天气影响, 造成叶焦或落叶等不良现象; 红丁香类则喜欢凉爽、湿润和半阴的环境, 由于树下往往比较凉爽, 在疏阴下往往比全光照下生长更好。这些丁香多为灌木, 栽植在大树下不只是光照发生变化, 还会对温度和湿度产生影响, 现对不同丁香种类在不同光照条件下的光合生理特性进行研究, 探讨光照对丁香的光合作用的影响, 以期采用适当的栽培措施, 提高植株的成活率。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试丁香品种分别为布氏丁香(*Syringa* × *hyacinthiflora* ‘Pocahontas’)、红丁香(*Syringa villosa*)和小叶丁香(*Syringa pubescens* subsp. *microphylla*), 均为栽植于北京植物园丁香园的成年开花植株, 高度在 1.5~2.0 m; 光响应曲线测定试验中供试丁香品种分别为什锦丁香(*Syringa* × *chinensis*)、朝阳丁香(*Syringa oblata*

subsp. *dilatata*)、垂丝丁香(*Syringa reflexa*)、四川丁香(*Syringa tomentella* subsp. *sweginzowii*)、小叶丁香、北京丁香(*Syringa reticulata* subsp. *pekinensis*)。

1.2 试验方法

1.2.1 不同光照条件下丁香光合生理特性的日变化研究 5 月中旬采用英国 PPS 公司生产的 CIRAS-2 型便携式光合测定系统, 分别测定全光照和树荫下布氏丁香、红丁香和小叶丁香的光合日变化, 选定晴朗少云的天气, 从 6:00—18:00 每隔 2 h 测定 1 次, 每株至少取 5 片叶, 测定光合有效辐射(PAR)、叶室温度(T_c)、净光合速率(Pn)、蒸腾速率(T_r)及胞间二氧化碳浓度(C_i)、大气二氧化碳浓度(C_a)等指标。光能利用效率(LUE)为净光合速率(Pn)与光合有效辐射(PAR)之比, 以 $\text{mmol CO}_2/\text{mol photon}$ 表示; 水分利用效率(WUE) = 净光合速率(Pn)/蒸腾速率(T_r), 单位 mmol/mol 。气孔限制值 $L_s = 1 - C_i/C_a$ 。从而分析遮荫条件下不同种类丁香的光合、蒸腾等生理指标的变化。

1.2.2 丁香的光响应曲线测定 在 5—6 月采用便携式光合测定系统测定什锦丁香、朝阳丁香、垂丝丁香、四川丁香、小叶丁香、北京丁香的光响应曲线, 选择晴朗多云的天气, 在 8:00—10:00 进行, LED 光源设定 2 000、1 800、1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、80、60、40、20、0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 等梯度, 每种选择 3~5 片健康叶片, 测定不同光照有效辐射下的净光合速率。

1.3 数据分析

利用 Excel 和 SPSS 17.0 软件计算不同光照条件

第一作者简介:朱瑾(1973-), 女, 硕士, 高级工程师, 现主要从事园林植物栽培生理研究工作。E-mail: 1998zhuying@163.com.

责任作者:陈进勇(1971-), 男, 博士, 教授级高级工程师, 现主要从事园林植物分类与引种及栽培应用等研究工作。E-mail: chenjin-yong71@163.com.

基金项目:北京市科委资助项目(Z141100006014036)。

收稿日期:2014-06-30

下、不同种类、不同时间段的平均净光合速率等指标;利用 SPSS 17.0 软件进行光响应曲线的拟合,选择 R 和 R^2 最大的拟合方程。

2 结果与分析

2.1 不同光照条件下丁香的光合生理特性

2.1.1 丁香不同光照下光照有效辐射及叶室温度的日变化 5 月中旬测定全光照和树荫下的不同丁香种类的光合速率日变化,全光照下,有效辐射在 8:00—14:00 能达到 $1\,000\sim2\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,而树荫下 PAR 往往低于 $200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (图 1),叶室温度(T_c)在早 6:00 约 20°C ,随后逐渐升高,至 14:00 达到最大值 $33\sim34^\circ\text{C}$,随后下降,至 18:00 约 28°C (图 2)。

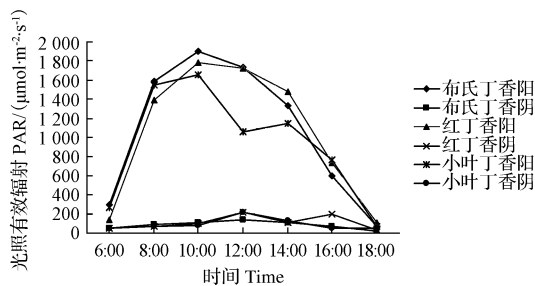


图 1 丁香不同光照下光照有效辐射(PAR)的日变化
Fig. 1 The diurnal change of photosynthetic available radiation under different sunlights

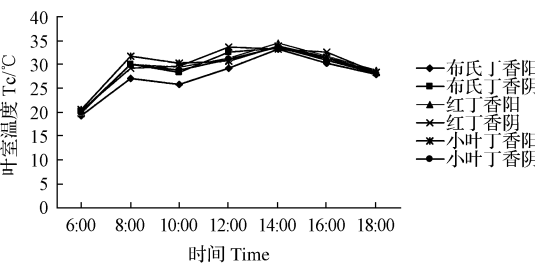


图 2 丁香不同光照下的叶室温度(T_c)日变化
Fig. 2 The diurnal change of chamber temperature under different sunlights

表 1 影响净光合速率因素的相关性分析

Table 1 Correlation analysis of net photosynthetic rate with other factors

		二氧化碳浓度差	光照有效辐射	饱和蒸汽压差	蒸腾速率	气孔导度	胞间二氧化碳浓度
		CO ₂ D	PAR	MBD	EVAP	Gs	Ci
Pn	Pearson 相关性	-0.998 **	0.807 **	0.703 **	0.705 **	0.652 **	-0.883 **
	显著性(双侧)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。
Note: ** indicates significant correlation at 0.01 level.

效率(LUE)是指植物在光合作用中固定 CO_2 所储存的生物能占照射到地面上日光能量的比率。从图 4 可以看出,全光照下,丁香在 6:00 和 16:00 时的 LUE 最高,而在强光照的中午则效率偏低。与此相反,遮荫条件下,则是 10:00—14:00 LUE 最高,早晚偏低。可见 LUE 最高值并不出现在光照最强时。

2.1.2 丁香不同光照下净光合速率(P_n)的日变化

从图 3 可以看出,全光照下,布氏丁香和红丁香的净光合速率呈双峰变化曲线,早 8:00 P_n 出现最大值 $9\sim10\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,随后逐渐下降,至 14:00 出现低谷,约 $6\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,16:00 逐渐升高后,至 18:00 下降至零点以下;小叶丁香则呈现单峰曲线,但也是在 8:00 P_n 出现最大值。树荫下所有种类 P_n 在 6:00—14:00 基本不超过 $2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,16:00—18:00 则低于零。表明不同种类的丁香在春季全光照下光合作用比在树荫下明显要好,且全光照条件下平均 P_n 的大小依次为布氏丁香($6.774\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、红丁香($5.926\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)和小叶丁香($4.529\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),三者之间差异显著。遮荫条件下则分别为 $0.300, 0.086, 0.187\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,没有显著性差异。对影响净光合速率的因素进行 Pearson 相关性分析(表 1), P_n 与 PAR 的相关系数最大为 0.807,表明光合有效辐射是影响光合作用的主要因子。其次为 EVAP (0.705)、MBD(0.703)和 GS(0.652),表明气孔导度增大, P_n 和 T_r 也随着增大。 P_n 与 CO_2D 和 Ci 呈负相关,系数分别为 -0.998 和 -0.883,表明光合作用导致 Ci 浓度降低。这些因子与 P_n 且均呈显著性差异。光能利用

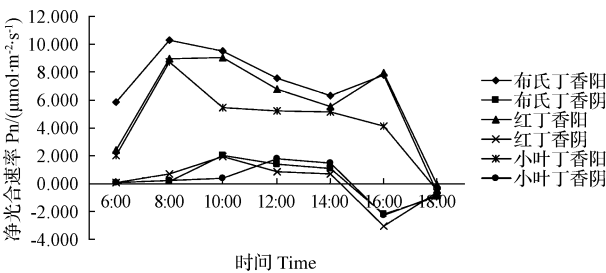


图 3 丁香不同光照下的净光合速率(P_n)日变化
Fig. 3 The diurnal change of net photosynthetic rate under different sunlights

2.1.3 丁香不同光照下蒸腾速率(T_r)及水分利用效率(WUE)的日变化 由图 5 可知,丁香在不同光照下的 T_r 差异很大,全光照下比遮荫条件明显要高,尤其是 14:00—16:00,差异更大。 T_r 的日变化与 P_n 的日变化趋势类似,二者存在明显的相关性。从图 6 可以看出,丁香在不同光照条件下 WUE 差异非常显著,全光照

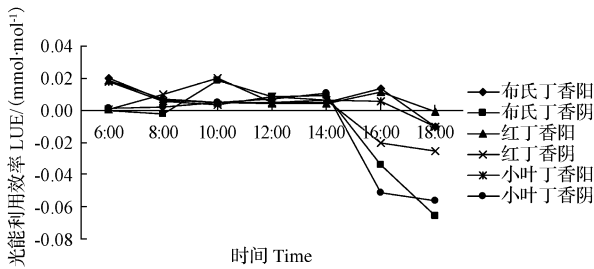


图4 丁香不同光照下的光能利用效率(LUE)日变化
Fig. 4 The diurnal change of light use efficiency under different sunlight

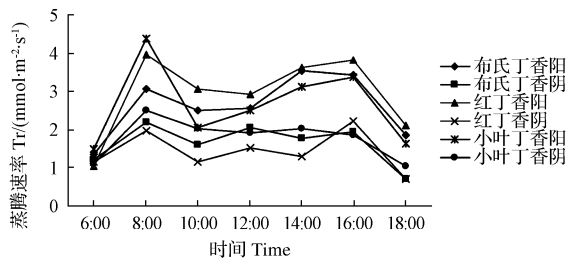


图5 丁香不同光照下蒸腾速率(Tr)的日变化
Fig. 5 The diurnal change of transpiration rate under different sunlight

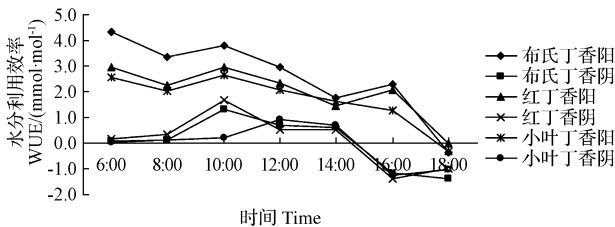


图6 丁香不同光照下的水分利用效率(WUE)日变化
Fig. 6 The diurnal change of water use efficiency under different sunlight

下比遮荫条件下明显要高,白天除日落后 WUE 为负数外,其余时间在 1.2~4.4 mmol/mol;而遮荫条件下只有在 10:00—14:00, WUE 才接近 1.0 mmol/mol。且全光照下,布氏丁香的 WUE 比红丁香和小叶丁香高;遮荫条件下,小叶丁香比布氏丁香和红丁香略低。不同光照条件下 WUE 的日变化趋势也完全不同,全光照下,6:00和 16:00 出现 2 个高峰值,呈双峰变化的曲线;遮荫条件下, WUE 基本呈单峰变化曲线,在 10:00 左右出现高峰值。

2.1.4 丁香不同光照下气孔限制值(Ls)的日变化 从图 7 可以看出,丁香的 Ls 无论是光照下还是遮荫条件下均呈单峰变化曲线,早晚低,中午高,但最高值并不在 14:00 光合午休时间,说明气孔限制并不是光合午休的直接因子。栽植在全光照下的丁香 Ls 到 18:00 太阳西

下后几乎为零,说明此时气孔关闭;树荫下的丁香则在 16:00 后 Ls 即出现负值,说明此时气孔关闭,呼吸作用导致 Ci 显著上升。相同光照下不同种类的丁香 Ls 相差不大,但全光照下气孔开度比遮荫条件下显著要高。

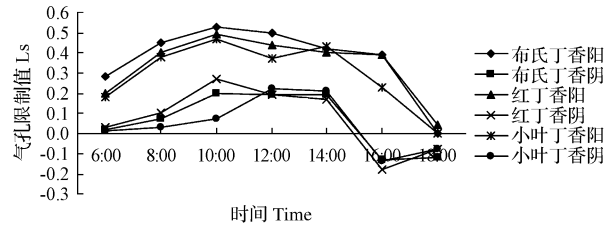


图7 丁香不同光照下气孔限制值(Ls)的日变化
Fig. 7 The diurnal change of stomatal limit under different sunlight

2.2 丁香的光反应曲线

为更好了解光照对不同丁香种类的影响,6月下旬至7月上旬测定 6 种丁香的光反应曲线,从图 8 可以看出,四川丁香和朝阳丁香的光补偿点最高,约为 $90 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;其次为北京丁香和垂丝丁香,分别为 70 、 $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;什锦丁香和小叶丁香分别为 54 、 $52 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;表明不同类群的丁香均为阳性植物,但是光补偿点存在一定差异。什锦丁香和朝阳丁香的光饱和点最高,约为 $1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;四川丁香约为 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;北京丁香、垂丝丁香和小叶丁香最低,约为 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这也说明不同类群的丁香种类均为阳性植物,但是光饱和点存在差异。同时也可看出,什锦丁香的光补偿点低,而饱和点高,表明其有较广的光适应性;朝阳丁香的光补偿点和饱和点均较高,是典型的阳性植物,与其原产地生长在开阔的灌丛生境相一致。小叶丁香和垂丝丁香的光补偿点和饱和点均较低,具有一定的耐阴性,与其生长在林下或林缘的生境特点也相一致。

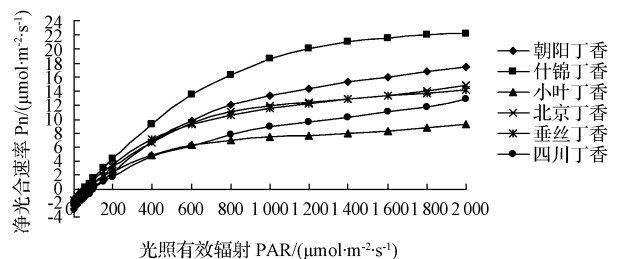


图8 6种丁香的平均光响应曲线
Fig. 8 The average light reaction curve of six species of Syringa

不同丁香种类的光合能力,以什锦丁香为最高,最大净光合速率达 $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;小叶丁香最低,最大净光合速率约 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;朝阳丁香、北京

表 2

6 种丁香的光响应曲线拟合方程

Table 2

Light reaction equation of six species of *Syringa*

名称 Name	拟合方程 Fitted equation	R	R ²
什锦丁香	$P_n = -1.886 + 0.035PAR - 1.756 \times 10^{-5}PAR^2 + 3.309 \times 10^{-9}PAR^3$	0.972	0.948
垂丝丁香	$P_n = -1.400 + 0.027PAR - 1.817 \times 10^{-5}PAR^2 + 4.296 \times 10^{-9}PAR^3$	0.962	0.926
朝阳丁香	$P_n = -2.772 + 0.030PAR - 1.704 \times 10^{-5}PAR^2 + 3.600 \times 10^{-9}PAR^3$	0.963	0.927
北京丁香	$P_n = -2.093 + 0.030PAR - 2.072 \times 10^{-5}PAR^2 + 5.067 \times 10^{-9}PAR^3$	0.970	0.941
小叶丁香	$P_n = -1.033 + 0.020PAR - 1.507 \times 10^{-5}PAR^2 + 3.885 \times 10^{-9}PAR^3$	0.975	0.951
四川丁香	$P_n = -1.461 + 0.016PAR - 1.030 \times 10^{-5}PAR^2 + 2.619 \times 10^{-9}PAR^3$	0.991	0.982

丁香、垂丝丁香和四川丁香居中,最大净光合速率在 $13 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。

对丁香的光反应曲线进行不同方程的拟合,选择 R 和 R^2 最大的方程,拟合程度均大于 0.9,从而得出净光合速率与光合有效辐射的相关关系。

3 讨论

从 6 种丁香的光响应曲线均可看出其为阳性植物,对 3 种丁香在全光照和遮荫栽培环境条件下的光合生理特性,也可看出它们是喜光的。这些丁香代表着欧丁香组、巧玲花组和红丁香组,巧玲花组和红丁香组的有些种类原生于林下^[1],可能与林下温湿度比较适宜有关。李国栋等^[2]测出紫丁香的光饱和点为 $1310 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、补偿点 $63.55 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;关东丁香光饱和点 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,暴马丁香约 $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,紫丁香和白丁香约 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,红丁香和欧丁香超过 $1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[3]。与这些结果相比,该研究除红丁香不一致外,其余种类基本相当,与其它阳性植物相比,也基本相当^[4]。欧丁香组的朝阳丁香和什锦丁香的光饱和点最高,与欧丁香相当,适宜种植在开阔处;巧玲花组的小叶丁香光饱和点最低,与关东丁香相当,适宜种植在林缘或疏林下;红丁香组的四川丁香和垂丝丁香以及日本丁香组的北京丁香光饱和点居中,与暴马丁香相当,前者适合林缘或疏林下种植,后者适合开阔地。

该研究表明,全光照与遮荫条件下丁香的光能利用效率和水分利用效率差异明显,日变化趋势完全不同,全光照下丁香的光能利用效率在中午较低,水分利用效率在 14:00 出现低值,与欧洲丁香的水分利用效率类似^[5],只是数值要低。

研究还表明,几种丁香在全光照下净光合速率的日变化呈双峰变化曲线,蒸腾速率的日变化趋势类似;遮荫条件下变化不明显,这与前人对紫丁香春季和夏季的光合速率日变化表现出双峰曲线的研究结果一致^[2-6]。不同种类的光合能力,以什锦丁香为最高,小叶丁香最低,朝阳丁香、北京丁香、垂丝丁香和四川丁香居中,这与欧丁香、红丁香、紫丁香、白丁香、暴马丁香、关东丁香光合能力从高到低的结果有些类似^[5]。

参考文献

- [1] Chen J Y. A taxonomic revision of *Syringa* (Oleaceae)[J]. Cathaya, 2008(17-18):1-170.
- [2] 李国栋,张汝民,高岩. 几种园林树种光合特性的研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2008,29(2):185-189.
- [3] 严俊鑫,刘晓东,张晓娇,等. 6 种丁香的光合特性[J]. 东北林业大学学报,2008,36(7):23-24,41.
- [4] 朱瑾,宋华,赵世伟,等. 遮荫对牡丹光合特性及观赏品质的影响[J]. 西北植物学报,2012,32(4):731-738.
- [5] 王颖,魏国印,张志强,等. 7 种园林树种光合参数及水分利用效率的研究[J]. 河北农业大学学报,2006,29(6):44-48.
- [6] 李海梅,何兴元,宋力. 3 种灌木树种光合特性及影响因子研究[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(4):605-608.

Photosynthetic Characteristics of *Syringa* Under Different Sunlights

ZHU Ying^{1,2}, CHEN Jin-yong^{1,2}

(1. Beijing Botanical Garden, Beijing 100093; 2. Beijing Floriculture Engineering Technology Research Centre, Beijing 100093)

Abstract: Taking *Syringa* plants as test materials, using the portable photosynthesis system, the effects of different light on photosynthetic characteristics were studied, 6 kinds of light response curve were determined. The results showed that the net photosynthetic rate (P_n) showed double peaks curve under full sunlight, and the average P_n was 20 times higher than that under shading. The light use efficiency (LUE) and water use efficiency (WUE) were peaked at 6:00 and 16:00 under full light, whereas they were peaked between 10:00 and 14:00 under shading and peak was appeared at 10:00. The daily transpiration rate was correlated with P_n . The stomatal conductance under full light was higher than that under shading. Meanwhile, the light reaction curve of 6 species of *Syringa* was studied. The results showed that light compensation point was $52 \sim 90 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ and light saturation point was $800 \sim 1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, indicating

小蓬竹光合作用特性对遮阴处理的响应

颜 强¹, 廖 小 锋², 刘 济 明¹, 李 鹏¹, 王 军 才¹

(1. 贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州科学院 贵州省山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001)

摘 要:以小蓬竹为试材,以自然光为对照,研究了轻度遮阴(LS, 74.32%自然光)、中度遮阴(MS, 44.83%自然光)、重度遮阴(SS, 18.57%自然光)3种遮阴处理对小蓬竹的光合作用和光响应特征的影响,以探讨濒危植物小蓬竹对光照的适应性。结果表明:轻度遮阴下小蓬竹叶片光合速率(Pn)、最大净光合速率(Pnmax)、表观量子效率(AQE)以及光能利用效率(LUE)相对于对照(CK)有所提高,而光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)以及暗呼吸速率有所下降;中度及重度遮阴下小蓬竹叶片 Pn 等气体交换性指标, AQE、Pnmax、LSP、LCP 以及暗呼吸速率(R_d)等光响应参数均随遮阴加重而逐渐下降,但 LUE 却极显著升高。说明小蓬竹对轻度遮阴环境有良好的适应性,适度遮阴更有利于其生长发育。遮阴加重的情况下,小蓬竹直接地提高 LUE、降低 LCP 和 LSP,维持一定光合作用水平并减少能量消耗,使其在光照不足条件下迅速实现碳的净积累,从而加强对弱光逆境的抵御能力。由此推断,小蓬竹对中度及重度遮阴环境具有较强的适应性。

关键词:小蓬竹;遮阴处理;光合生理

中图分类号:Q 945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)19-0072-05

小蓬竹(*Drepanostachyum luodianense* (Yi et R. S. Wang) Keng f.)属禾本科竹亚科簕竹属植物,又名藤竹,为我国特产一次性开花结实的合轴丛生型竹种。在世界自然保护联盟物种生存委员会编制的《濒危物种红色名录》中,小蓬竹已被列为极危种,目前仅分布于我国贵州省罗甸县、平塘县、紫云苗族布依族自治县及长顺县的喀斯特山地。小蓬竹是喀斯特地区适生竹,在水源涵养、水土保持、养分平衡等生态功能发挥中具有重要的作用。此外,小蓬竹上部悬垂呈藤状匍匐延伸,株形

美观,可用作优良的梯度绿化园林绿化竹种,还可作编织凉椅、菜架等的材料,具有良好的开发前景^[1]。

光是影响植物生长发育的重要环境因子之一,光对植物的生理生态作用主要表现为光合作用和光形态建成。植物耐阴性是指植物在弱光照条件下的生活能力,是植物为适应低光量子密度,维持自身系统平衡,保持生命活动正常进行而产生的一系列变化^[2]。通过对植物的遮阴处理,引起光质的改变,削弱光合有效辐射强度^[3],进而会影响植物光合作用和光形态建成^[4]。近年来,植物的耐阴性研究多以光合特性及其参数等指标为对象进行测定,如王瑞等^[5]以种植的阴生园林植物为试材,对其在不同光照条件下的光合特性进行比较研究,提出植物对弱光的利用率的提高主要表现在日平均净光合速率和表观量子效率的增大及光补偿点的降低,这3个指标是植物光合作用能力的重要指标,可以反映植物的耐阴性。小蓬竹通常为群落内的建群种,目前的观点普遍认为小蓬竹为阳生植物(喜光植物),在生长发育过程中需要充足的光照,由于小蓬竹密集丛生、上部呈悬垂状,克隆个体相互之间叠加与遮阴较为平常并且它在不同生长期常会遇到光照不良的天气^[1]。因此研究小蓬竹对不同遮阴处理的适应性,对于指导生产实践中

第一作者简介:颜强(1989-),男,硕士研究生,现主要从事生态学等研究工作。E-mail:1048535009@qq.com.

责任作者:刘济明(1963-),男,博士,教授,现主要从事植物生态学等研究工作。E-mail:karst0623@163.com.

基金项目:贵州省国际科技合作计划资助项目(黔科合外 G 字[2013]7010 号,黔科合外 G 字[2009]70010 号);贵州大学人才引进基金资助项目(2010-09);贵州省科技计划资助项目(黔科合 SY 字[2012]008);贵阳市科技计划资助项目(筑科合同[2012]103 号);贵州科学院省级科研专项资金资助项目(黔科院专合字[2011]02 号);贵州省科技基础条件平台资助项目(黔科院 J 合字[2011]16)。

收稿日期:2014-05-22

Syringa was a sun plant. The photosynthetic rate was the highest in *Syringa* × *chinensis*, with maximum Pn 20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, the lowest in *Syringa pubescens* subsp. *microphylla* with maximum Pn of 8 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, while others of 13 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Keywords: *Syringa*; net photosynthetic rate; light reaction curve