

耐冬山茶光合特性研究

朱向涛¹, 刘庆华², 王奎玲², 律春燕³

(1. 浙江农林大学 天目学院, 浙江 临安 311300; 2. 青岛农业大学 园林园艺学院, 山东 青岛 266109;
3. 胶州市少海发展管理处, 山东 青岛 266300)

摘要: 以耐冬山茶为材料, 利用 LCPro+ 便携式光合测定系统, 在田间条件下, 研究了耐冬山茶的光合特性。结果表明: 耐冬山茶的光补偿点为 $32 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 光饱和点 $1\ 233 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 最适生长温度为 $18\sim 20\text{ }^\circ\text{C}$ 。光合速率日变化和季节变化均呈现单峰变化曲线, 最大光合速率出现在 7 月份 10:00~12:00, 影响光合日变化的主要环境因子是光强、气孔导度、温度和气孔 CO_2 浓度。

关键词: 耐冬山茶、光合特性、气孔导度、生理生态因子

中图分类号: S685.14

文献标志码: A

文章编号: 1673-923X(2011)09-0076-04

Studies on photosynthetic characteristics of *Camellia japonica*

ZHU Xiang-tao¹, LIU Qing-hua², WANG Kui-ling², LU Chun-yan³

(1. Tianmu College, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Linan 311300, Zhejiang, China;
2. College of Landscape Architecture & Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong, China; 3. Jiaozhou Shaohai Development Management Department, Qingdao 266300, Shandong, China)

Abstract: The photosynthesis characters of *Camellia japonica* were studied by using the LCPro+ in this experiment. The results show that the light compensation of *Camellia japonica* was $32 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, the light saturation was $1\ 233 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, and the best temperature of *Camellia japonica* was $18\sim 20\text{ }^\circ\text{C}$; Diurnal changes and season changes in P_n of *Camellia japonica* presented a single curve; the max photosynthetic rate appeared at 10:00~12:00 in July. Diurnal changes in P_n were influenced by PAR, G_s , T and C_i .

Key words: *Camellia japonica*; photosynthetic characteristics; stomata conductance; physioecological factor

山茶 *Camellia japonica*, 山茶科山茶属植物, 常绿灌木或小乔木, 在我国栽培历史悠久, 是我国十大传统名花之一^[1-2]。在山东青岛近海岛屿和崂山等地有相当数量的野生分布, 是山茶科山茶属植物在我国天然分布的最北缘种群^[3-5], 当地称之为耐冬山茶。花期自 10 月到翌年 5 月, 长达 8 个月之久, 极具观赏价值。作为青岛市市花, 耐冬山茶是北方珍贵园林绿化树种。

目前国内对耐冬山茶的研究主要集中在其分

类、遗传性状、种群结构、抗寒性等方面^[6-8], 对耐冬山茶的光合特性研究尚未见报道, 本研究测定了耐冬山茶的光合特性, 旨在为耐冬山茶园应用提供理论依据。

1 材料与方法

本试验所用材料为生长于青岛市城阳区世纪公园中, 且处于相对一致环境条件下的生长状况良好的耐冬山茶, 树龄均为 5 年, 所用仪器为英国生产

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: 山东省农业良种产业化工程项目(2005-99)

作者简介: 朱向涛(1982-), 男, 山东莱芜人, 讲师, 博士, 主要从事园林植物应用研究

的 LCPro+ 便携式光合测定系统。

1.1 日变化和季节变化的测定

试验于晴朗无风的天气情况下,在同一区域选择 3 株健康植株,随机选取向阳面中上部叶片进行测定(每株 3~5 片),待系统稳定后,每片叶取 3 个瞬时净光合速率值(P_n),同时对蒸腾速率(E)、气孔导度(G_s)、光强(Par)、气温(T_a)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、大气 CO_2 浓度(C_a)、气孔导度(Cond)进行监测。测定时间为每日 6:00 至下午 18:00 每 2 h 测量一次。将每个月的光合速率值作出光合速率季节变化曲线。

1.2 光合速率(P_n)对光照强度的响应

通过 LCpro+ 的光控制系统,利用开放气路,在空气流速为 0.5 L/min,温度 25 °C,相对湿度 50% 二氧化碳浓度在 400 mg/L 下测定。先在 900 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强条件下诱导 3 min,光合稳定后,光强降至 0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,然后光强升至 50、100、150、200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,然后以 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的梯度直至 2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,测定其瞬时光合速率。以光合有效辐射为横轴,光合速率为纵轴绘制光合作用光响应曲线拟合光合作用光响应曲线方程。推算光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)。用直线回归求得光-光合曲线的初始斜率即为表观量子效率(AQY)。

1.3 光合速率对二氧化碳浓度的响应

通过 LCpro+ 的 CO_2 控制系统,利用开放气路,在空气流速为 0.5 L/min,温度 20 °C,相对湿度 50%,PAR 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。设定 CO_2 浓度分别为 50、100、200、300、600、900、1 200、1 500、1 800、2 000 $\mu\text{L}/\text{L}$,响应间隔时间 3 min,以 CO_2 浓度为横轴,光合速率为纵轴绘制光合速率— CO_2 响应曲线,拟合光合速率— CO_2 响应曲线方程,推算 CO_2 补偿点、 CO_2 饱和点、羧化效率 RuBP 再生速率。

1.4 光合速率对温度的响应

通过光合测定系统调节待测叶片温度,在 0~40 °C 范围内,设定叶室温度为 0、4、8、12、16、20、

24、28、32、36、40 °C 等温度梯度测定净光合速率,测定时通过系统控制光合有效辐射为 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, CO_2 浓度为 400 $\mu\text{L}/\text{L}$ 。

2 结果与分析

2.1 P_n 的光响应曲线及表观量子效率

总体上来看,耐冬山茶的光合曲线呈现先升高后降低的变化趋势,光强在 0~200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 内,随着光强的增强,光合速率迅速升高,到大约 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,光合速率达到最大,之后再增加光强,光合速率开始下降,由二元回归分析得到耐冬山茶的 P_n -PAR 方程(见图 1),耐冬山茶的光补偿点为 32 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光饱和点 1 233 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,与美丽异木棉^[9]相比光补偿点和饱和点都较低,说明耐冬山茶属于半阳性植物,在生长过程中需要一定的遮荫条件。将光强在 0~200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 之间与光合速率作直线回归方程为 $y=0.0259x-1.832$ 可得到耐冬山茶的表观量子效率为 0.0259,量子需要量约为 39。

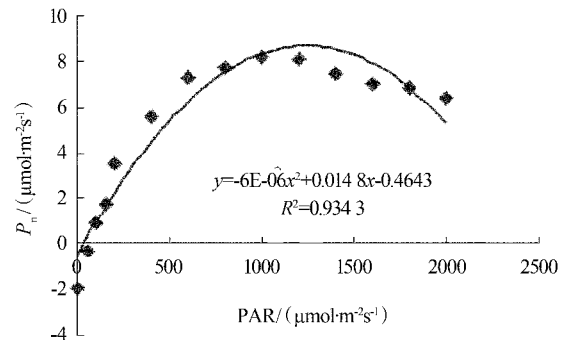


图 1 耐冬山茶光响应曲线

Fig. 1 Response curve of P_n -Par

2.2 P_n 的 CO_2 响应曲线及羧化效率

通过二元回归分析可以得到光合速率与 CO_2 浓度的曲线回归方程(见图 2),总体上看光合速率随 CO_2 浓度的增加呈逐渐增大,在 CO_2 浓度为 48 $\mu\text{L}/\text{L}$ 时,光合速率为 0,即耐冬山茶的 CO_2 补偿点为 48 $\mu\text{L}/\text{L}$, CO_2 浓度在 0~400 $\mu\text{L}/\text{L}$ 之间变化时,光合速率迅速增加,当度为 1 300 $\mu\text{L}/\text{L}$ 左右时,光合速率达到最大,之后便开始下降,由回归方程可知耐冬山茶的 CO_2 补偿点为 48 $\mu\text{L}/\text{L}$, CO_2

饱和点 1 300 $\mu\text{L/L}$,与香椿^[10]相比,两者都较低,说明耐冬山茶利用 CO_2 的效率较高。

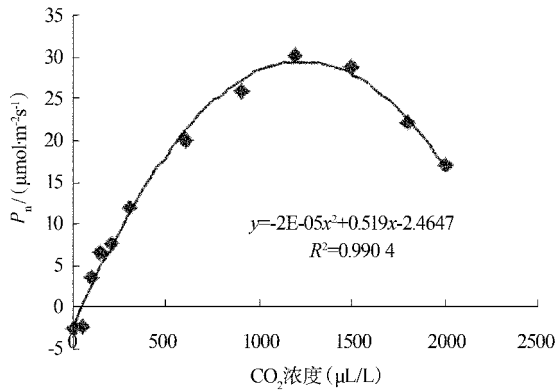


图2 耐冬山茶 CO_2 响应曲线

Fig.2 Response curve of P_n - CO_2

将 CO_2 浓度在 0~400 $\mu\text{L/L}$ 之间时与光合速率做直线回归方程为 $y = 0.0584x - 3.32$ 可得到耐冬山茶的羧化效率为 0.0584。

2.3 P_n 的温度响应曲线

通过二元回归分析可以得到耐冬山茶光合速率与温度的回归曲线方程(见图3)在 0~20 $^{\circ}\text{C}$ 之间变化时,光合速率随着温度的升高而逐渐增大,在 20 $^{\circ}\text{C}$ 左右达到最大,超过 25 $^{\circ}\text{C}$ 随着温度的升高,光合速率迅速下降,可见耐冬山茶的最适生长温度为 18~20 $^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 光合速率日变化及主要生理生态因子的关系

耐冬山茶光合速率日变化呈现单峰变化趋势(见图4),10:00~12:00 达到全天最高的 10.21 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,七月份全年的光合速率最高,因此此数值为耐冬山茶全年的最高,比核桃^[11]的光合速率低,这可能是耐冬山茶生长较为缓慢的重要原因。 E 、 T 、 PAR 也是单峰变化趋势,10:00~12:00 达到最高。而 C_i 呈现‘W’变化趋势。经相关分析可得光强、气孔导度、温度与光合速率呈现正相关关系,相关系数分别为 0.749、0.702、0.855,而气孔 CO_2 浓度与光合速率呈现负相关关系相关系数为 -0.157。

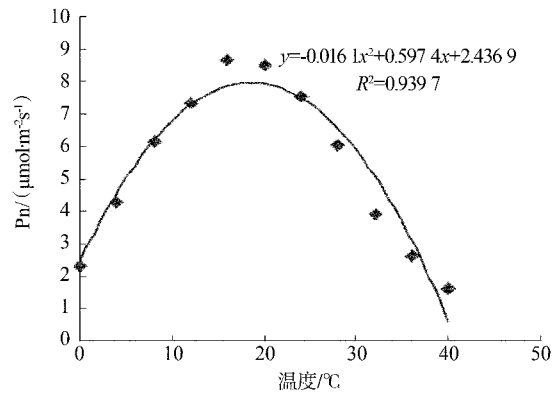


图3 耐冬山茶温度响应曲线

Fig.3 Response curve of P_n - T

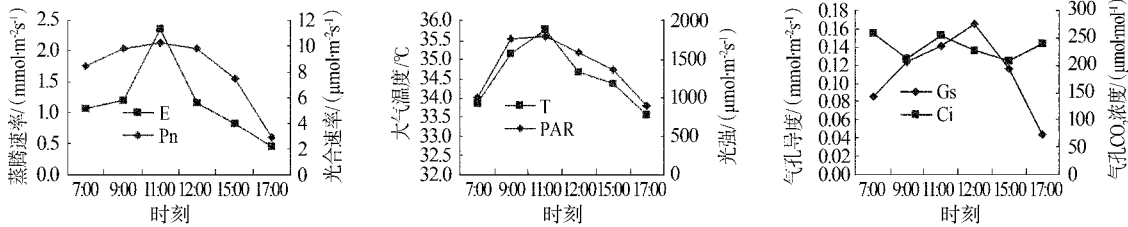


图4 耐冬山茶 P_n 、 E 、 PAR 、 T 、 G_s 、 C_i 日变化

Fig.4 Diurnal variation of P_n 、 E 、 PAR 、 T 、 G_s 、 C_i

2.5 光合速率季节变化

耐冬山茶的全年光合速率变化基本呈现单峰的变化趋势(见图5)在耐冬山茶的整个生长季,不同月份光合速率明显不同。从3月份开始,光合速率基本上呈逐渐升高的趋势,4月份开始发生新老叶的更替,5月份更替基本完成,整株植物开始主要以新生叶为主,随着温度光强的不断升高,植物的

生长加快,生长良好,光合速率也逐渐升高,到7月份达到最高,之后开始逐渐下降,从总体上看,全年的光合速率变化曲线也呈现单峰变化曲线,峰值出现在7月份,光合速率最低值出现在2月份。7月份的光合速率最高的原因可能是光强、温度等环境条件在本月能满足耐冬山茶生理活动的需要,春季的光合速率基本差别不大,维持在基本相同的水平。秋冬季节的光合速率基本一致。耐冬山茶有

一定的耐寒性,且其花期在冬季,冬季虽然温度光强都较弱,但耐冬山茶仍能保持正常的生长状态。

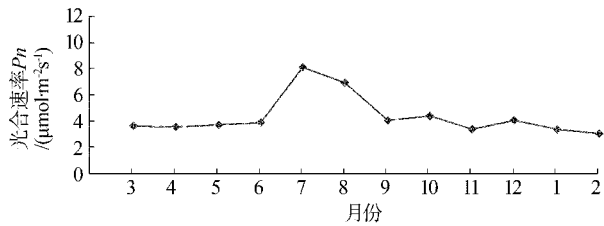


图 5 光合速率年周期变化

Fig. 5 Yearly variation of P_n

3 讨 论

山茶为暖温带树种^[12],主要生长在长江以南地区,耐冬山茶是其最北缘分布种群。青岛是山茶属植物的分布最北缘地区。山茶对光温很敏感,前人研究表明,植物光合作用对光强和温度都很敏感:光强过低影响碳同化能力的提高,而光强过高又容易产生光伤害^[13-14];温度过低引起光合能力的降低,温度过高会引起光合机构的破坏^[15]。本研究结果显示耐冬山茶的光补偿点和饱和点都相对较低,说明耐冬山茶在生长过程中需要一定的遮荫,耐冬山茶的最适宜生长温度在 18~20 °C 之间,在栽培过程中要注意给其创造适宜的生长环境。

关于耐冬山茶的光合作用,前人^[16]有过研究,文章中只研究了耐冬山茶的春季光合速率的变化情况,试验结果表明 4 月份光合速率最低,最大的水分利用效率也出现在 4 月份,本文在前人的基础上研究了耐冬山茶全年的光合速率变化,并从温度、光照等方面进行了研究,获得了耐冬山茶生长的最佳的环境条件,为后期耐冬山茶光合作用的深入研究奠定基础。

在本研究中关于环境生理生态因子与光合速率的关系仅通过相关分析是比较片面的,环境因子对耐冬山茶光合速率的影响需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 闵天禄. 山茶属山茶组植物的分类、分化和分布[J]. 云南植物研究, 1998, 20(2): 127-148.
- [2] 闵天禄. 山茶属的系统大纲[J]. 云南植物研究, 1999, 21(2): 149-159.
- [3] 王少萍, 王仁卿. 青岛耐冬山茶的多样性—I 分布与形态变异[J]. 生物多样性, 1995, 3(3): 139-142.
- [4] 王仁卿, 张淑萍. 青岛耐冬山茶的多样性特征及其保护[J]. 山东林业科技, 1998, (3): 1-4.
- [5] 王仁卿, 张治国, 石竹, 等. 青岛耐冬山茶的多样性研究: III 生态学分析[J]. 山东大学学报: 自然科学版, 1999, 34(1): 109-116.
- [6] 张治国, 王仁卿, 王少萍. 青岛沿海岛屿生物多样性研究: 山茶 (*Camellia japonica* L.) 种群的群落学特征[J]. 山东大学学报: 自然科学版, 1996, 31(2): 213-219.
- [7] 李力, 王仁卿. 青岛耐冬山茶的多样性 II: 居群的遗传多样性分析[J]. 生物多样性, 1996, 4(1): 1-6.
- [8] 张治国, 王仁卿. 中国分布北界的山茶 (*Camellia japonica*) 种群大小结构和空间格局分析[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 118-122.
- [9] 吴吉林, 李永华, 叶庆生. 美丽异木棉光合特性的研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 1061-1064.
- [10] 徐坤, 康立美. 香椿光合特性研究[J]. 园艺学报, 1999, 26(3): 180-183.
- [11] 王红霞, 张志华. 河北核桃 (*Juglans hopeiensis* Hu) 光合特性的研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 392-396.
- [12] 陈有民. 园林树木学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988: 574-575.
- [13] Walter Larcher. 植物生态生理学[M]. 翟志席, 郭玉海, 马永泽等译. 北京: 中国农业出版社, 1997: 212-217.
- [14] Baker N R, Powles S B. Photo inhibition of photosynthesis induced by visible light[J]. Annu. Rev. Plant Physiol., 1984, (35): 15-44.
- [15] Havaux M. short-term responses of PSI to hot stress[J]. Photosyn. Res., 1996, 47: 85-96.
- [16] 朱向涛, 刘庆华, 王奎玲, 等. 耐冬山茶的光合特性研究[J]. 山东林业科技, 2007, (2): 29-31.

[本文编校: 吴毅]