

## 省沽油夏季光合特性初步研究

薛正帅<sup>1</sup>, 蔡新玲<sup>2</sup>, 肖正东<sup>2</sup>, 刘俊龙<sup>2</sup>, 陈素传<sup>2</sup>, 傅松玲<sup>1\*</sup>

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036; 2. 安徽省林业科学研究所, 合肥 230031)

**摘要:** 采用 Li-6400 型便携式光合测定系统对自然条件下省沽油的光合特性进行研究。结果表明, 省沽油夏季光合日变化呈双峰型, 有明显的“午休”现象。其峰值出现在 9:30 和 13:30。省沽油叶片的光饱和点为  $1\ 350\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 光补偿点为  $43\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 表观量子效率为  $0.062\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。省沽油的光合特性表现为较耐荫的阳性植物。

**关键词:** 省沽油; 光合速率; 光饱和点; 光补偿点

中图分类号: S718.45

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2011)04-0543-03

### Preliminary study on the photosynthetic characteristics of *Staphylea bumalda* in summer

XUE Zheng-shuai<sup>1</sup>, CAI Xin-ling<sup>2</sup>, XIAO Zheng-dong<sup>2</sup>, LIU Jun-long<sup>2</sup>, CHENG Su-chuan<sup>2</sup>, FU Song-ling<sup>1</sup>

(1. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Anhui Academy of Forestry Sciences, Hefei 230031)

**Abstract:** We studied the photosynthetic characteristics of *Staphylea bumalda* under the natural condition using Li-6400 portable photosynthesis measurement system. The results showed that the curve of diurnal variation of photosynthesis presented two peaks at 9:30 and 13:30 respectively in a sunny day with a remarkable noon inhibition. The light saturation and compensation points of *Staphylea bumalda* were about  $1\ 350$  and  $43\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectively. The apparent quantum yield was  $0.062\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , *Staphylea bumalda* is a heliophile plant of shade tolerance.

**Key words:** *Staphylea bumalda*; photosynthetic rate; light saturation point; light compensation point

省沽油 (*Staphylea bumalda* DC.) 为省沽油科 (Staphyleaceae) 省沽油属 (*Staphylea* L.) 植物, 多年生落叶灌木或小乔木, 别名水条, 地方俗称珍珠花, 是我国稀有的木本油料、可食用灌木和优良的园林绿化树种。在我国主要分布于东北、黄河流域和长江流域的黑龙江、吉林、河南、山西、陕西、湖北、安徽等地, 生于路旁、山地或丛林中。省沽油嫩叶、嫩梢和花蕾中粗脂肪、总氨基酸和必需氨基酸等营养成分含量很高, 种子油脂中亚麻酸和亚油酸含量分别为 9.08% 和 53.83%<sup>[1-2]</sup>, 具有很高的营养和保健价值, 作为保健用油、食用油和化妆品的新油源, 具有广阔的开发利用前景; 又因其花小洁白似珍珠, 叶色浓绿, 果形果色美观喜人, 树形优美, 也是颇具潜力的优良乡土园林绿化观赏树种。

光合作用是植物生长发育的基础, 是经济林产量和品质构成的决定性因素。测定经济林叶片的光

合作用参数, 对了解经济林产量和制订合理的栽培技术措施具有十分重要的意义<sup>[3-4]</sup>。

光合作用是植物体内碳素的唯一来源, 植物的光合研究一直受到重视。目前国内外对省沽油的研究报道还比较少, 主要集中在开发利用<sup>[1-2]</sup>和繁殖技术<sup>[5-6]</sup>方面。在对自然状态下的省沽油光合特性研究则报道甚少。本文探讨了省沽油的光合特性, 旨在了解其生理生态特性, 为省沽油栽培提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验在安徽省合肥市正大果树研究所试验基地进行。合肥地处中纬度地带, 位于江淮之间, 东经  $117^{\circ}11'\sim 117^{\circ}22'$ , 北纬  $31^{\circ}38'\sim 31^{\circ}58'$ 。属于北亚热带湿润季风气候, 气候温和, 四季分明, 雨量适中。年平均气温  $15.7^{\circ}\text{C}$ , 7 月份平均气温  $28.5^{\circ}\text{C}$ , 1

收稿日期: 2011-01-18

基金项目: 安徽省科技攻关计划项目 (09010304024) 资助。

作者简介: 薛正帅, 女, 硕士研究生。E-mail: xuezhengshuai@sina.com

\* 通讯作者: 傅松玲, 女, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: fusongl001@163.com

月份气温 $-2^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量 $981.4\text{ mm}$ ，集中在 $6\sim 8$ 月，无霜期 $230\text{ d}$ 。地带性土壤为黄棕壤，土层较厚，质地粘重， $\text{pH}$ 值 $6.5\sim 7.3$ 。

## 1.2 试验材料

选择同一块地内生长基本一致的四年生省沽油。测定时选取植株外围中、上部功能叶片进行测定。每株选定3片，每片重复测定3次。利用Li-6400便携式光合分析仪于2010年8月18日~19日（晴好天气）进行光合测定。

## 1.3 试验方法

光合日变化：18日，选定3株生长势相近且无病虫害的植株作为供试材料。从7:30至18:30每隔1h测定光合速率日变化，测定的指标有：净光合速率（ $P_n$ ， $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度（ $C_i$ ， $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ）、气孔导度（ $G_s$ ， $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）、蒸腾速率（ $Tr$ ， $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）、叶室内光合有效辐射（ $PAR$ ， $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）、空气相对湿度（ $RH$ ，%）、气温（ $T_a$ ， $^{\circ}\text{C}$ ）等相关参数。当测量结果总变异率小于0.1时，读取数据，3次重复。水分利用效率的计算公式： $WUE=P_n/Tr$ 。

光合作用的光响应曲线：19日， $\text{CO}_2$ 浓度控制为大气 $\text{CO}_2$ 浓度，采用Li-6400光合测定仪，在 $0\sim 1800\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 范围内，将光合有效辐射（LED光源）设定若干梯度测定净光合速率，设定的梯度为0、20、50、100、150、200、500、800、1000、1500、 $1800\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。改变光照强度以后，最少稳定时间设置为90s，当测量结果变异率小于0.5时，由光合作用测定系统自动记录数据。

## 1.4 统计分析

试验数据处理由Excel完成。光补偿点（LCP）为净光合为0的光照值，光饱和点（LSP）为最大光合速率90%时的光照<sup>[7]</sup>。表观量子效率由弱光条件下光响应曲线的斜率表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 省沽油光合作用日变化

**2.1.1 净光合速率（ $P_n$ ）与蒸腾速率（ $Tr$ ）的日变化** 省沽油 $P_n$ 日变化曲线呈双峰型，即省沽油 $P_n$ 日变化有2个峰值，在双峰之间有一段明显的“午休”现象（图1）。由图2可知，早晨7:30随着 $PAR$ 强度的增加， $P_n$ 逐渐升高，在9:30左右达到最高峰，峰值为 $8.484\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；中午前后，随着 $PAR$ 进一步增强，在9:30~11:30出现“午休”现象， $P_n$ 逐渐降低至 $5.846\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；11:30过后， $P_n$ 又有所上升，在13:30左右形成第2个高峰，峰值

为 $8.810\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ （全天最大值），其后一直到18:30，由于 $PAR$ 的减弱， $P_n$ 开始减小。

$Tr$ 的强弱是植物水分代谢的一个重要生理指标。省沽油 $Tr$ 日变化曲线呈单峰型（图1）。清晨和傍晚时 $Tr$ 最小，从7:30开始， $Tr$ 不断升高，一直呈增加的趋势，至12:30达到最高峰。当土壤水分含量充足时，叶片通过蒸腾扩散来降低温度，以减轻午间高光强和高温对叶片造成的灼伤。12:30以后 $Tr$ 开始下降。不过 $Tr$ 的日变化与 $P_n$ 的日变化基本一致，可见 $Tr$ 与 $P_n$ 是相关的，是引起 $P_n$ 变化的一个因素。

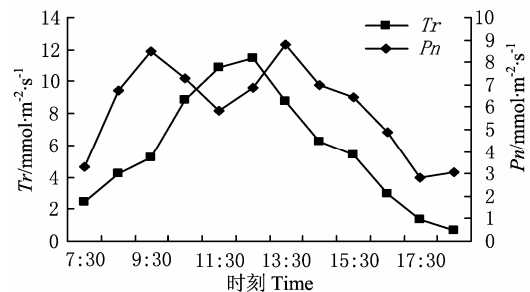


图1 净光合速率和蒸腾速率日变化  
Figure 1 Diurnal variation of  $P_n$  and  $Tr$

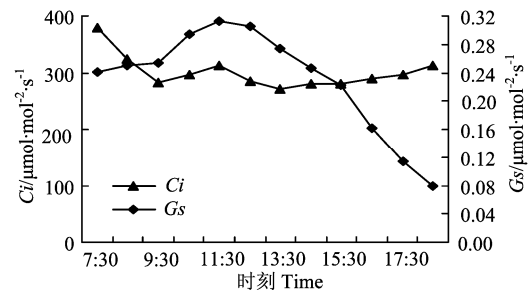


图2 胞间 $\text{CO}_2$ 浓度和气孔导度的日变化  
Figure 2 Diurnal variation of  $C_i$  and  $G_s$

**2.1.2 胞间 $\text{CO}_2$ 浓度（ $C_i$ ）、气孔导度（ $G_s$ ）的日变化及其对 $P_n$ 的影响** 胞间 $\text{CO}_2$ 浓度是光合作用的主要原料之一，叶片 $C_i$ 反映了叶片进行光合作用的过程<sup>[8]</sup>。 $C_i$ 的日变化曲线基本上与 $P_n$ 相反（图2）。7:30时即达到最大值，随着植物光合作用的进行， $P_n$ 升高， $\text{CO}_2$ 同化加快， $C_i$ 降低，在9:30 $P_n$ 达到最高峰时， $C_i$ 迅速下降至最低值；而在9:30~11:30期间， $P_n$ 下降， $C_i$ 则呈上升趋势；11:30~13:30当 $P_n$ 上升， $C_i$ 却又下降； $P_n$ 于13:30出现一个小高峰后再次降低，且由于细胞呼吸所释放得 $\text{CO}_2$ 积聚在细胞间隙中，使 $C_i$ 又一次上升。

$G_s$ 的日变化为单峰形（图2），早上 $PAR$ 逐渐增大有利于气孔张开， $G_s$ 增大， $T_a$ 上升，饱和水汽压差增大，至中午11:30左右 $G_s$ 达到最大；随

着叶片失水过多,使得部分气孔关闭, $G_s$  渐渐减小,15:30 以后,由于 PAR 减弱, $G_s$  依然继续减少。 $P_n$  在 9:30 达到顶峰后开始下降,但同时  $G_s$  增高,13:30 后两者才开始同时下降。

柯裕州<sup>[9]</sup>等提出,气孔因素引起的  $P_n$  降低表现为  $G_s$  和  $C_i$  降低;而非气孔因素引起的  $P_n$  降低则伴随着  $C_i$  的提高。省沽油净光合速率在 9:30 达到顶峰后开始下降(图 1),但同时  $C_i$  和  $G_s$  增高(图 2),这表明省沽油光合“午休”并非由于气孔限制引起的,而是由非气孔限制因素造成的。

## 2.2 省沽油叶片光合作用的光响应曲线

通过配置红蓝光源设定的不同光合有效辐射强度测定净光合速率,绘制光响应曲线(图 3)。光饱和点反映了植物利用强光的能力,越高说明植物在遇到强光时不易发生抑制,耐阳性越强。当 PAR 在 0~200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  左右时,省沽油叶片的  $P_n$  几乎呈直线上升,当 PAR 超过 500  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , $P_n$  上升幅度减少,渐渐趋于平稳。当 PAR 达到 1500  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  左右时, $P_n$  达到最大值为 9.97  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。当 PAR 继续增强时, $P_n$  开始出现下降的趋势。依据文献<sup>[7]</sup>计算,可得出省沽油叶片光饱和点(LSP)为 1350  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,利用强光的能力较强。

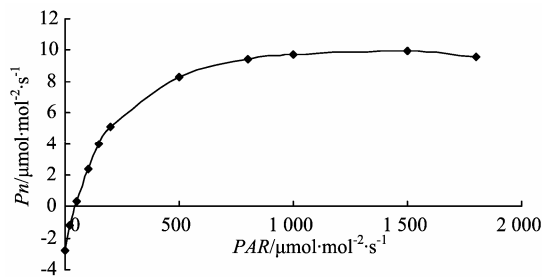


图 3 省沽油的光响应曲线

Figure 3 Light responses of *S. bumalda*

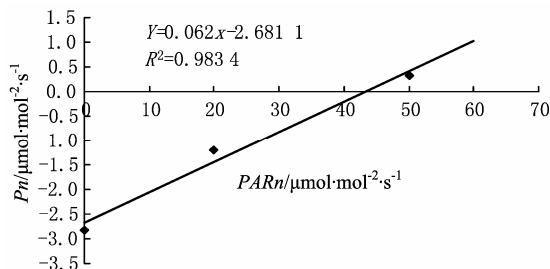


图 4 省沽油的表现量子速率

Figure 4 Apparent quantum yield of *S. bumalda*

植物的表现量子效率反映了植物对光能的利用情况。弱光条件下,控制光合的主要因素是光强,故表现量子效率即为此时光强——光合曲线的斜率。曲线的斜率大,表明植物吸收与转换光能的色

素蛋白复合体可能较多,利用弱光的能力强<sup>[10]</sup>。省沽油的表现量子效率为 0.062  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (图 4),略高于自然条件下一般植物的表现量子效率范围(0.03~0.05)<sup>[10]</sup>。由文献<sup>[7]</sup>计算,可得出省沽油叶片光补偿点(LCP)为 43  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,光补偿点较低,较耐荫。

## 3 小结

自然条件下,省沽油光合速率日变化表现为双峰曲线,第 1 峰值出现在上午 9:30 左右,第 2 峰值出现在下午 13:30 左右,且第 2 峰值比第 1 峰值高。蒸腾速率日变化则呈单峰曲线,最高值出现在中午。胞间  $\text{CO}_2$  浓度的日变化基本与净光合速率相反。气孔导度的日变化为单峰形,中午增至最大。所以省沽油叶片净光合速率日间降低主要是由非气孔限制因素造成的。

省沽油的光饱和点较高,在 1350  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  左右,说明省沽油对强光有较强的适应能力。光补偿点较低,只有 43  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,表现量子效率为 0.062  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,省沽油较低的光补偿点、较高的光饱和点和表现量子效率,表明省沽油是一种较耐荫的阳性植物。

## 参考文献:

- [1] 毛多斌,贾春晓,金保全,等. 省沽油种子油中脂肪酸的 GC-MS 分析[J]. 中国油脂,2004,29(3): 64-66.
- [2] 贾春晓,毛多斌,孙晓丽,等. 省沽油种子油亚麻酸亚油酸的分析[J]. 营养学报,2004,26(5): 410-411.
- [3] 李新荣. 俄罗斯平原阔混交林群落的灌木层植物种间相关研究[J]. 生态学报,1999,19(1): 55-60.
- [4] 郭志华,卓正大,陈洁,等. 庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林乔木种群种间联结性研究[J]. 植物生态学报,1997,21(5): 424-432.
- [5] 刘幼琪,洪艳艳. 珍珠花种子发芽条件的研究[J]. 湖北大学学报,1999,21(3): 81-83.
- [6] 张玉洁,邓建钦,菅根柱,等. 省沽油育苗及栽培技术[J]. 林业科技开发,2001,15(6): 34-35.
- [7] 王文杰,祖元刚,陈华峰,等. 林业有害植物薇甘菊(*Mikania micrantha*)的气体交换特性[J]. 生态学报,2008,28(9): 4088-4098.
- [8] 毛培利,曹帮华,宋绪忠,等. 干旱胁迫下刺槐无性系光合生理适应性研究[J]. 浙江林业科技,2007,27(4): 34-37.
- [9] 柯裕州,周金星,卢楠,等. 盐胁迫对桑树幼苗光合生理及叶绿素荧光特性的影响[J]. 林业科学研究,2009,22(2): 200-206.
- [10] 潘瑞炽,王小菁,李娘辉. 植物生理学[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社,2004: 87-90.