

# 山茶属三个物种光合特性日变化

唐 炜, 谭晓风, 袁德义

(中南林业科技大学 经济林育种与栽培国家林业局重点实验室, 湖南 长沙 410004)

**摘 要:** 采用 LI-6400 便携式光合作用测定系统对山茶属植物: 宛田红花油茶、攸县油茶、普通油茶以‘湘林 1 号’为例的光合作用进行测定并进行综合分析。结果表明: 攸县油茶比普通油茶湘林 1 号、宛田红花油茶有更好的光合作用效率, 净光合速率总量分别为 54.22、44.75、34.51  $\mu\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

**关键词:** 油茶; 光合特性; 净光合速率; 日变化

**中图分类号:** S 685.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)09-0005-04

光合作用是绿色植物利用叶绿素, 在可见光的照射下, 将二氧化碳和水转化为葡萄糖, 并释放出氧气的复杂的生化过程, 构成大部分绿色植物 90% 以上的干物质均来自叶片的光合产物。对光合作用的研究被认为是植物生理研究的主攻方向之一, 并被列为自然科学中的重要科研项目<sup>[1]</sup>。近年来, 国内对苹果、梨、葡萄等树种的光合作用进行了系统的研究, 而对油茶的光合作用研究较少。

普通油茶(*Camellia oleifera*) 属山茶科山茶属(*Camellia*), 在我国 18 个省 500 多个县都有种植, 占我国木本油料树种栽培面积的 80% 以上, 是我国南方主要的木本食用油料树种, 与油棕、油橄榄、椰子并称为世界四大木本食用油料树种。攸县油茶(*Camellia yuhsienensis* Hu) 又名攸县薄壳香油茶, 系山茶属植物, 攸县油茶具有果皮薄、含油率高、油质好、抗逆性强等特点, 主要用于食用油生产, 同其它山茶种类相比, 攸县油茶是油质最好的物种之一。宛田红花油茶(*Camellia polyodonta* How ex. Hu) 为山茶科山茶属常绿小乔木, 适应性较强、耐旱、耐霜冻, 可作为油料植物来种植, 同时它叶青翠繁茂, 花色红、较大, 花期较长, 也是较理想的观花种。该试验根据不同山茶属植物的光合特性及其与主要影响因素之间的关系进行探讨, 以期对山茶属植物的引种栽培以及选育优良品种提供理论依据。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 试验材料

以宛田红花油茶、攸县油茶及普通油茶 3 个物种和普通油茶中的‘湘林 1 号’, 为试材, 树高 1.5~2.0 m, 生

第一作者简介: 唐炜(1985-), 男, 在读硕士, 研究方向为经济林栽培。E-mail: folkchina@163.com。

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD18B0204)。

收稿日期: 2010-01-29

长正常。

### 1.2 试验方法

试验于 2008 年 6 月的某一晴天在中南林业科技大学教学基地进行, 采用美国 Li-cor 公司生产的 Li-6400 便携式光合测定系统, 选取枝条生长良好的中上部叶片进行光合指标测定, 光源为太阳光, 温度、相对湿度和  $\text{CO}_2$  浓度均为自然状态下的。其直接记录的数据有净光合速率( $P_n$ )、空气相对湿度(RH)、光合有效辐射(PAR)、叶面温度(Tl)、大气  $\text{CO}_2$  浓度( $C_a$ )、气孔导度(GS)、蒸腾速率(TR)和胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )等指标。每种选择 2 株后相对固定, 每次固定测量标记的 3 个叶片, 取平均值。试验时间为 2009 年 6 月至 2010 年 4 月, 天气晴朗, 测定时间从 7:00~19:00, 每 2 h 测 1 个轮回, 其中 9~11 时加测 1 次, 分析数据取平均值。

### 1.3 计算公式和数据处理

气孔限制值( $L_s, \%$ ) =  $1 - C_i / C_a \times 100\%$ , 式中,  $C_a$  是大气  $\text{CO}_2$  浓度,  $C_i$  是胞间  $\text{CO}_2$  浓度。水分利用效率( $WUE, \mu\text{mol} / (\text{mmol}))$  = 净光合速率( $P_n$ ) / 蒸腾速率( $Tr$ )。所有数据均通过 Excel 2003 进行整理, 并绘制图表, 方差分析、相关性分析以及其它统计分析处理均用 SPSS 13.0 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 山茶属植物净光合速率的日变化

山茶属植物光合速率日变化如图 1 所示, 种间、种内净光合速率的日变化曲线是不对称双峰曲线, 首峰一般在 9:00~10:00 出现, 随之 10:00~13:00 净光合速率逐步下降, 有明显的午休现象, 波谷出现于 13:00; 之后净光合速率上升, 于 15:00~17:00 左右出现第 2 个高峰值, 17:00~19:00 由于光合有效辐射的降低净光合速率迅速下降。种间净光合速率最大值从高至低依次是攸县油茶  $9.15 \mu\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、湘林 1 号  $8.52 \mu\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、宛田红花油茶  $6.43 \mu\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

s<sup>-1</sup>。由图2可知,所测点的净光合速率总值从高至低依次是攸县油茶 54.22 μmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>、湘林1号 44.75 μmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>、34.51 μmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>。宛田红花油茶 6.43 μmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>。

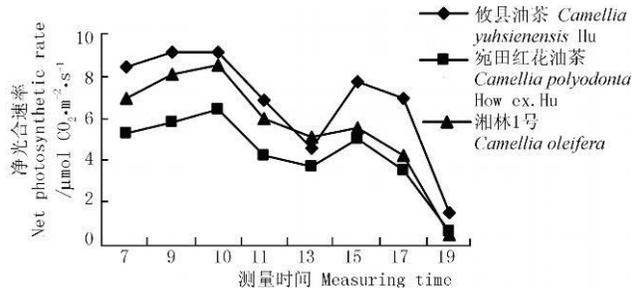


图1 净光合速率日变化

Fig.1 Diurnal variation of net photosynthetic rate

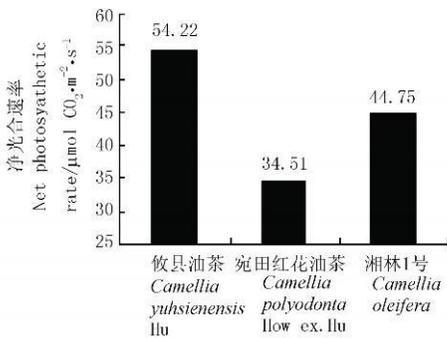


图2 净光合速率总量

Fig.2 Total net photosynthetic rate

## 2.2 山茶属植物影响光合作用主要因子的日变化

2.2.1 气孔导度日变化 根据图1、3所示,气孔导度的日变化和净光合速率的日变化基本相符,第1个峰值出现与净光合速率的日变化首峰出现时间相对应出现在10:00左右,然后一直缓慢下降到13:00左右,之后第2个峰值出现在15:00~17:00左右,宛田红花油茶的变化幅度较小,结果依然是攸县油茶的气孔导度最大,其次是普通油茶‘湘林1号’、宛田红花油茶,均与净光合速率变化曲线的波峰、波谷出现时间基本一致,呈不对称双峰曲线。

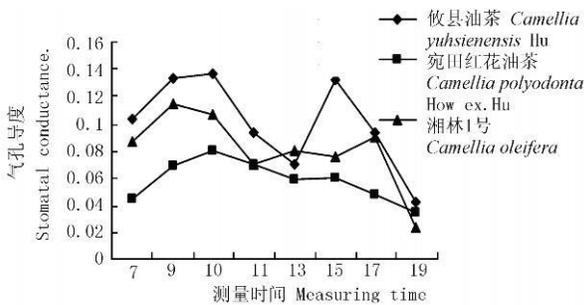


图3 气孔导度曲线

Fig.3 Diurnal changes of stomatal conductance

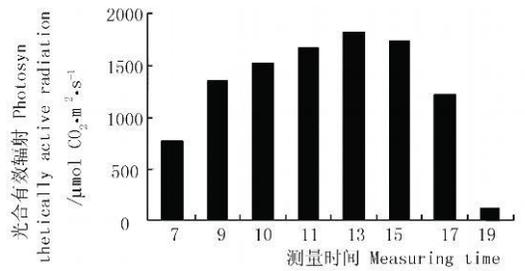


图4 光合有效辐射日变化

Fig.4 Diurnal changes of Photosynthetically active radiation

2.2.2 光合有效辐射日变化 从图4可以看出光合有效辐射呈现单峰曲线的趋势,从早上开始一直增加,到中午13:00点达到最大峰值,大概1811 μmol H<sub>2</sub>O·m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>。由图5所示,所测叶面温度基本一致呈现单峰曲线的趋势,峰值出现在13:00左右;7:00~11:00升高明显,至13:00点达到最大值,随后13:00~17:00逐渐下降。

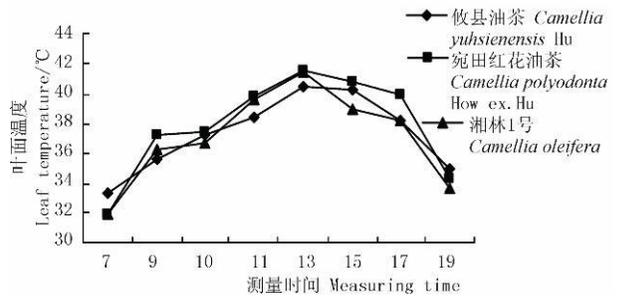


图5 叶面温度

Fig.5 Diurnal changes of Leaf temperature

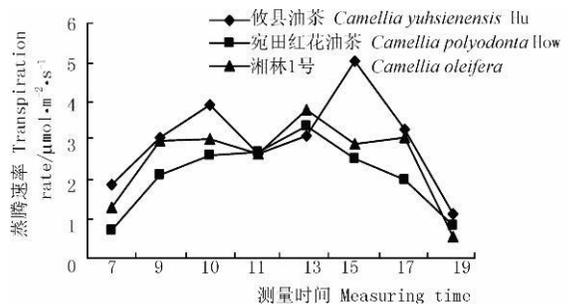


图6 蒸腾速率曲线

Fig.6 Diurnal changes of transpiration rate

2.2.3 蒸腾速率日变化 从图6可以看出,3个物种的蒸腾速率呈双峰曲线,最高峰点在第2波峰大概在13:00~15:00左右,攸县油茶、‘湘林1号’、宛田红花油茶峰值分别为:5.03、3.79、3.38 mol H<sub>2</sub>O·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,1d中,上午的蒸腾速率曲线上升较慢,第1波峰出现在10时左右,可能由于温度过高影响关闭部分气孔导致蒸腾速率下降,在11:00左右出现波谷,然后蒸腾速率开始上升,攸县油茶到15:00左右出现第2波峰,‘湘林1号’、宛田红

花油茶至 13:00 左右出现第 2 波峰,到 15:00 左右开始下降至 19:00 左右,下降到较低水平,说明油茶蒸腾速率与气温相关性较大,与其它植物相似。攸县油茶在 1 d 中的蒸腾速率显著大于‘湘林 1 号’、宛田红花油茶,在 13:00~15:00 气温 41℃ 左右时,光合有效辐射 1 800  $\mu\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,三者之中攸县油茶高蒸腾速率使叶片局部温度不至于太高而导致叶片受到灼伤,这种蒸腾作用机制有利于在高温下进行光合作用,使叶片的光合作用在高温下得以进行,能有效缓解高温胁迫。同时攸县油茶的较低的叶面温度,较高的净光合速率,正好证明了攸县油茶对高温的适应性要明显强于‘湘林 1 号’、宛田红花油茶。同时可见,山茶属植物在 6 月夏季中午存在明显的光合午休现象。

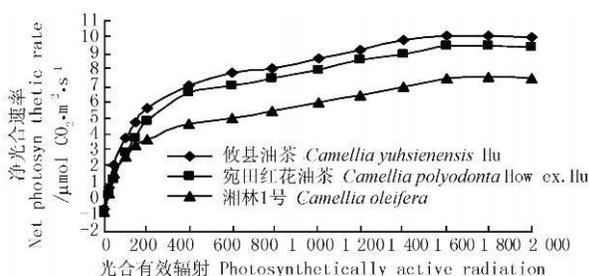


图 7 光响应曲线

Fig. 7 Answering photosynthetically active radiation

### 2.3 光响应分析

在上午 9 时左右,设定  $\text{CO}_2$  浓度为  $400 \mu\text{mol/L}$ 、温度为  $28^\circ\text{C}$  的条件下,对山茶属植株进行光响应曲线测定。从图 7 中可以看出,此条件下,攸县油茶的净光合速率就一直比‘湘林 1 号’和宛田红花油茶要强。光补偿点都在  $0\sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,‘湘林 1 号’比宛田红花油茶的光补偿点稍大,二者均高于攸县油茶。在光合作用的光饱和点上,3 个物种均为  $1\ 600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右,在光饱和点上的净光合速率上,攸县油茶 > ‘湘林 1 号’ > 宛田红花油茶。光补偿点和光饱和点也说明攸县油茶低光合有效辐射和高光合有效辐射条件下均比‘湘林 1 号’和宛田红花油茶光合速率要高,与前所述相吻合。

### 2.4 光合作用与主要生理生态因子的关系

相关分析表明,6 月份山茶属植物的光合速率与光合有效辐射、气孔导度、叶片温度、蒸腾速率、大气  $\text{CO}_2$  浓度、水分利用率显著正相关水平,光合速率与气孔限制值呈极显著正相关水平。光合速率与胞间  $\text{CO}_2$  浓度显著负相关;光合速率与空气湿度的相关性表现较复杂。

## 3 结论与讨论

国内外研究表明,光合作用净光合速率的日变化进

程有单峰、双峰、三峰等几种类型<sup>[2-3]</sup>,因种类、品种、各项生态因子不同而异<sup>[4]</sup>。在晴天条件下,山茶属中宛田红花油茶、攸县油茶、普通油茶‘湘林 1 号’的光合作用日变化均呈双峰曲线,净光合速率在中午有明显降低,这种“午休”现象是由多因素同时控制的,只用一种因子难以说明光合作用中午降低<sup>[5]</sup>的原因,气孔导度日变化和蒸腾速率日变化跟净光合速率的日变化基本相符,这说明随着温度的升高,气孔开放程度增加,蒸腾速率也随之提高,当达到一定程度后,叶片处于亏水状态,山茶属植物处于对环境的适应,气孔开放程度降低,净光合速率下降,出现午休现象。为减少夏季中午油茶光合午休,人为地改变一些气孔和非气孔因素如给叶片补水或地面覆盖,叶面喷雾等措施降低周围小环境的温度<sup>[6]</sup>,减少水分的散失,提高气孔导度,提高光合作用效率,以便达到提高生产力的目的。

中午的叶面温度的升高,呼吸作用加强,水分利用率的降低,较高的光合有效辐射对光合作用的抑制,这些气孔因素和非气孔因素共同作用的结果,是造成午间胞间  $\text{CO}_2$  浓度升高的原因。在生产中遇到高温,特别是在高光强下出现高温的干热天气要注意降温、保湿。

该试验测定了山茶属植物种间和种内光合作用的日变化,净光合速率从高至低依次是攸县油茶、‘湘林 1 号’、宛田红花油茶,攸县油茶 1 d 的净光合速率总值高于其它 2 种。但不同物种间净光合速率不同,净光合速率最高峰时间均为早上 10:00。光响应分析表明攸县油茶低光合有效辐射和高光合有效辐射条件下也均比‘湘林 1 号’和宛田红花油茶光合速率要高,所得数据与他们的生长状态与各项生理指标基本一致,从而为选择优良品系提供了有力依据。

该研究只是对山茶属植物的光合及生理指标作了初步分析,由于依然在测量阶段,数据较为单一,不能具有很强的代表性。还需要对各季度的各项指标进行系统比较研究,以得出对生产更具有指导意义的结论。

### 参考文献

- [1] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 129-137.
- [2] 张启昌, 杜凤国, 夏富才, 等. 美国椴光合蒸腾的生理生态[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2000, 5(1): 436-438.
- [3] 孙磊, 章铁, 李宏开, 等. 柿树光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 北方果树, 2006(2): 4-6.
- [4] 梁祖姚, 杨成区, 张吉祥. 油茶叶片某些光合性能的研究[J]. 浙江林业科技, 1998, 8(1): 8-11.
- [5] 江力, 曹树青, 戴新宾, 等. 光强对烟草光合作用的影响[J]. 中国烟草学报, 2000, 6(4): 17-20.
- [6] 游恺哲. 喷雾对番荔枝光合作用的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(6): 400-401.

# 不同 AM 真菌对番茄养分吸收及果实品质的影响

贺忠群, 李焕秀, 汤浩茹

(四川农业大学 园艺学院, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 以有机土为栽培基质, 采用盆栽试验研究了接种不同 AM 真菌(G. v, G. d B167, B141, B168, G. m) 对番茄养分吸收及果实品质的影响。结果表明: 这些 AM 真菌均不同程度上提高了番茄干物重量, 并能提高植株对氮、磷、钾的吸收, 同时提高果实品质。其中 G. v 对番茄的菌根依存度达 75%, 菌根效应最大, 促进氮的吸收效果显著, 茎叶中氮含量比对照提高 56.6%; 对果实中 Zn 含量影响最大, 其含量比对照提高 60.9%。

**关键词:** 番茄; 丛枝菌根真菌; 养分吸收; 果实品质

**中图分类号:** S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001- 0009(2010)09- 0008- 03

丛枝菌根(AMF) 真菌可与多种不同植物共生而形成菌根。菌根形成后可以不同方式和途径影响植物的代谢过程, 它们在植物的生长发育、矿质营养、水分吸收、产量品质及抗逆性等方面都发挥着重要作用<sup>[1-2]</sup>。由于 AMF 对寄主植物及环境条件的选择性和适应能力不同, 不同菌根真菌和同一植物以及不同植物和同一真菌的组合所形成的菌根, 表现出不同的菌根生理效应<sup>[3]</sup>。有研究表明, 将有机废弃物添加到土壤中能改善土壤的物理结构, 提高作物的产量, 同时有助于恢复逆境对土居 AMF 的抑制作用, 维持菌根的生态效应<sup>[4-5]</sup>。特别是近年来, 随着人们对 AMF 作用的深入了解和有

机生态农业的兴起, 有关 AMF 在农业生产中的应用研究已成为国际热点。该试验在有机土上用 6 种 AMF 接种番茄幼苗观测了不同菌种与番茄的菌根效应, 预筛选适于番茄有机栽培的菌种, 为 AM 扩繁、番茄菌根化苗生产和番茄有机生产栽培提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试番茄(*Lycopersicon esculentum* L.) 为中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育的中杂 9 号, 种子用 70% 酒精浸 5 min 后用蒸馏水冲洗, 28 °C 催芽。

供试菌种分别为 *Glomus diaphanum* (简称为 G. d), *Glomus mosseae* (BEG167 简称为 B167), *Glomus intraradices* (BEG141 简称为 B141), *Glomus etunicatum* (BEG168 简称为 B168), *Glomus versiforme* (简称为 G. v) 和由匈牙利科学院土壤科学与农业化学研究所 Tunde Takacs 博士提供的 *Glomus mosseae*-2 (简称为 G. m)。

供试土壤为有机土, 为腐熟秸秆、有机肥混合而成。有机土过 1 mm 筛后于烘箱中 160 °C 高温灭菌 2 h, 自然

第一作者简介: 贺忠群(1971-), 女, 四川重庆人, 博士, 副教授, 现从事蔬菜育种与生物改良研究工作。E-mail: hzqun328@163.com。

基金项目: 四川省教育厅重点资助项目(072A 064); 四川农业大学双支计划资助项目。

收稿日期: 2010- 01- 29

## Diurnal Variation of Photosynthetic Characteristics in Three Species *Camellia*

TANG Wei, TAN Xiao-feng, YUAN De-yi

(The Key Laboratory of Non-Wood Forest Product of Forestry Ministry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004)

**Abstract:** The LI-6400 portable photosynthesis system was used to study the photosynthesis of *Camellia* clone: *Camellia polyodonta* How ex. Hu, *Camellia yuhsienensis* Hu, *Camellia oleifera* 'xianglin 1'. The results showed that the net photosynthesis of the clone *Camellia yuhsienensis* Hu was higher than *Camellia oleifera* 'xianglin 1' and *Camellia polyodonta* How ex. Hu, total amount of photosynthetic characteristic was 54.22, 44.75 and 34.51  $\mu\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Key words:** *Camellia oleifera*; photosynthetic characteristic; net photosynthetic rate; diurnal variation