

互叶白千层幼苗光合日进程

莫昭展, 梁海清 (玉林师范学院, 广西玉林 537000)

摘要 [目的] 为改进互叶白千层栽培技术, 提高其产量和质量提供理论依据。[方法] 随机选取5株互叶白千层扦插苗上的健康功能叶片作为测定对象, 用TPS-1便携式光合测定系统同步测定其净光合速率等指标。[结果] 10:00左右, 互叶白千层的净光合速率出现第1个峰值 $44.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 初步确定其光饱和点为 $1900.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右。14:00, 光合有效辐射达最高值 $2000.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。16:00左右, 互叶白千层的净光合速率出现第2个峰值 $4.05 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。16:00, 空气 CO_2 浓度降至最低值。11:00, 叶片气孔导度达峰值 $800.00 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。12:00, 蒸腾速率达峰值。8:00, 水分利用率最高。[结论] 互叶白千层的光合日变化呈双峰型, 其净光合速率日变化与空气 CO_2 浓度呈显著负相关, 与光合有效辐射呈极显著正相关, 与胞间 CO_2 浓度呈显著负相关。

关键词 互叶白千层; 光合变化; 日进程

中图分类号 S685.99 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)22-10478-02

Diurnal Change of Photosynthesis in *Melaleuca alternifolia* Seedlings

MO Zhao-zhan et al (Yulin Normal College, Yulin, Guangxi 537000)

Abstract [Objective] The research aimed to provide theoretical basis for improving the cultivation technology of *Melaleuca alternifolia* and enhancing its yield and quality. [Method] The healthy functional leaves on the 5 cutting seedlings of *M. alternifolia* were randomly selected as measuring objects and their indexes such as net photosynthetic rate were measured synchronously by TPS-1 portable photosynthesis measurement system. [Result] At about 10:00, the net photosynthetic rate of *M. alternifolia* showed its first peak value of $44.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, its light saturation point was ascertained to be about $1900.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ preliminarily. At 14:00, the photosynthetically active radiation reached its maximum of $2000.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. At about 16:00, the net photosynthetic rate of *M. alternifolia* showed its second peak value of $4.05 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. At 16:00, the carbon dioxide concn. in air decreased to its lowest value. At 11:00, the leaf stomatal conductance reached its peak value of $800.00 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. At 12:00, the transpiration rate reached its peak value. At 8:00, the water utilization ratio was highest. [Conclusion] The diurnal variation of photosynthesis in *M. alternifolia* was shown to be double peak type, its diurnal variation of net photosynthetic rate showed significant negative correlation with the carbon dioxide concn. in air, extremely significant positive correlation with photosynthetically active radiation and significant negative correlation with intercellular carbon dioxide concn.

Key words *Melaleuca alternifolia*; Photosynthetic change; Diurnal course

互叶白千层 (*Melaleuca leucadendron*) 是桃金娘科 (Myrtaceae) 白千层属 (*melaleuc*) 的一种长绿小灌木树种, 它具有速生、树干直、萌芽力强等特点。光合作用是非常复杂的生理过程, 受植物内部生理状况和外界环境因子的共同限制, 并随着环境条件的变化而呈现一定的规律。我国学者对光合作用的种间和种内变异也进行了研究^[1]。在自然条件下, 植物光合作用的变化曲线大体上有两种类型, 一种是单峰曲线型, 另一种是双峰曲线型。目前, 对互叶白千层的引种、栽培、育苗技术的研究较多^[2-3], 但在生理生态学特性方面的研究却未见报道。笔者对互叶白千层的光合指标进行了测定和分析, 旨在通过研究了解互叶白千层光合速率的日变化, 了解光合作用与环境生态因子之间的关系, 揭示了其生长规律及对自然环境的适应能力, 为改进互叶白千层栽培技术措施, 提高产量和质量提供基础生理数据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验地设在玉林师范学院药用植物生态园内, 位于 $110^{\circ}09' \text{E}$, $22^{\circ}38' \text{N}$ 。气候类型为亚热带季风湿润气候, 气候温暖, 热量丰富, 雨量充沛, 夏湿冬干。年平均气温 $17 \sim 23^{\circ}\text{C}$ 。气温最高是7月, 月均气温 $24 \sim 29^{\circ}\text{C}$, 气温最低为1月, 月均气温 $6 \sim 15^{\circ}\text{C}$, 年日照时数 $1200 \sim 2200 \text{h}$ 。玉林市南部基本无霜, 无霜期长达 $287 \sim 365 \text{d}$, 年降水量在 $1080 \sim 2750 \text{mm}$ 。生态园地势开阔、排水良好、光照充足, 土壤类型为黄棕壤, 土壤肥力一般。

1.2 试验材料 试验材料为互叶白千层扦插苗, 2007年11月初栽植, 栽植株行距 $40 \text{cm} \times 40 \text{cm}$, 进行常规管理。测定时株高约 $45 \sim 65 \text{cm}$, 生长良好。

1.3 试验方法 试验选择英国 PP Systems 国际有限公司生产的开放式气体交换 TPS-1 便携式光合测定系统进行光合日进程的测定。

随机选取5株互叶白千层植株上生长健康的功能叶片作为测定对象, 每次测定同一片叶。测定时间是在2008年5月16日, 天气晴朗, 从7:00持续到17:00, 时间间隔为1h, 设3个重复, 分析数据取平均值。

利用光合作用系统同步测定净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO_2 浓度 (Ci)、空气二氧化碳浓度 (Ca)、蒸腾速率 (E)、空气温度 (Ta)、叶表温度 (Ti)、空气相对湿度 (Rh)、光合有效辐射 (PAR) 等指标, 叶片水分利用率 (WUE) 可用 Pn/E 来表示。

数据处理分析、绘图采用 Excel 2003 软件和 SPSS 统计分析软件进行。

2 结果与分析

在叶片发育成熟且处于生长旺盛季节的5月16日, 于同一天内测定的互叶白千层日光合速率、光合有效辐射、空气 CO_2 浓度、胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率、气孔导度的日变化、水分利用率、空气相对湿度、大气温度和叶温。

2.1 互叶白千层光合作用的日变化规律 大气温度在当天达到了 35.5°C , 光合有效辐射达到了 $2000.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 空气相对湿度早晚相对较高, 中午最低至 23.3°C , 属于干热晴好天气, 空气 CO_2 浓度早晚有较大幅度地升高, 其他时间较为平稳。

基金项目 广西自然科学基金项目 (桂科青 0832099); 广西教育厅项目 (GJ KY2008041); 玉林师范学院青年基金项目 (200703)。

作者简介 莫昭展 (1974-), 男, 广西玉林人, 博士, 副教授, 从事植物种质资源利用的教学与研究。

收稿日期 2009-04-20

图 1 表示的是光合有效辐射、光合速率的日变化,互叶白千层 Pn 日变化曲线从上午 7:00 开始随着 PAR 的增加逐渐上升,并在 10:00 左右出现第 1 次光合峰值 44.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 11:00 之后,当 PAR 继续上升时,互叶白千层的 Pn 呈下降趋势,初步判断互叶白千层的光饱和点在 1 900.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右,但由于光合测定系统型号所限无法测定光响应曲线,有待于今后测定。在 14:00,PAR 达到 1 天最高值 2 000.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,互叶白千层的 Pn 值在 16:00 左右出现第 2 次光合峰值,第 2 次光合峰值 4.05 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 明显低于第 1 次峰值;16:00 后 Pn 值随 PAR 的降低而降至最低。互叶白千层 Pn 日变化为午间降低型,光合午休现象比较明显,其光合日进程曲线属于双峰曲线类型。

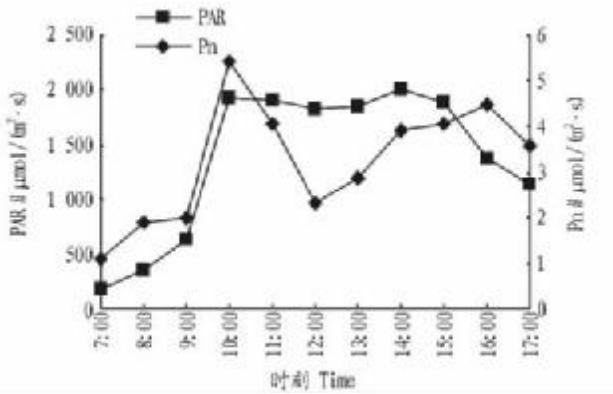


图 1 光合有效辐射、光合速率的日变化

Fig. 1 Daily variation of photosynthetic active radiation and photosynthetic rate

图 2 显示的是空气 CO₂ 浓度、胞间 CO₂ 浓度的日变化,空气 CO₂ 浓度夜间积累,在清晨较高,然后逐渐呈下降趋势;16:00,空气 CO₂ 浓度降至最低点,然后上升。胞间 CO₂ 浓度下降比较平缓,15:00 时略有回升,但接着又下降。

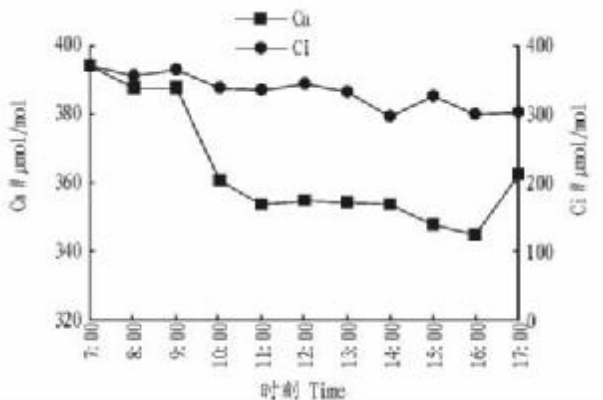


图 2 空气 CO₂ 浓度、胞间 CO₂ 浓度的日变化

Fig. 2 Daily variation of air CO₂ concentration and intercellular CO₂ concentration

图 3 显示的是叶片气孔导度与蒸腾速率的日变化曲线,气孔导度在 11:00 达到最大的峰值 800.00 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,然后下降,在 15:00 略有回升,然后下降,蒸腾速率的变化趋势与叶片气孔导度的基本一致,但到达最大峰值的时间是 12:00。

图 4 显示的是水分利用效率、空气相对湿度的日变化曲线。水分利用效率是一定时间内光合速率与蒸腾速率的比值。由图 4 可以看出,互叶白千层的水分利用效率在 8:00

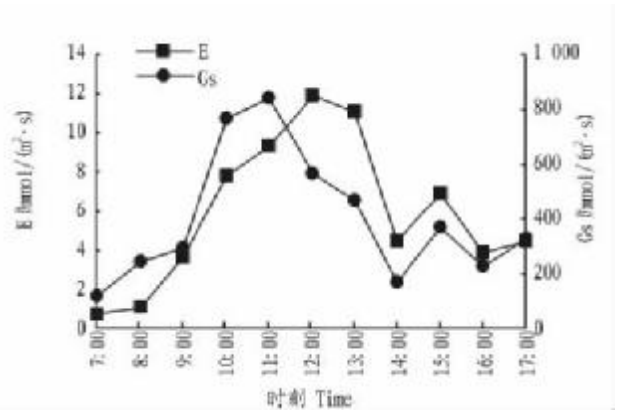


图 3 蒸腾速率和气孔导度的日变化

Fig. 3 Daily variation of transpiration rate and stomatal conductance

时达到最高,然后下降,到 16:00 略有上升,然后下降。空气相对湿度是早上和 16:00 以后较高。

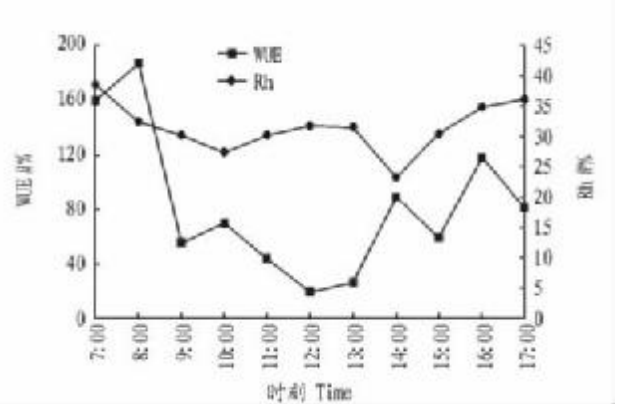


图 4 水分利用效率和空气相对湿度的日变化

Fig. 4 Daily variation of water use efficiency and air relative humidity

由图 5 可以看出,空气温度和叶表温度呈明显的正相关关系,走势基本一致,几乎成一条直线。这可能是由于互叶白千层是针叶阳生树种,叶子接受光照充分有关;同时与空气湿度、气孔导度、蒸腾速率也有关系。

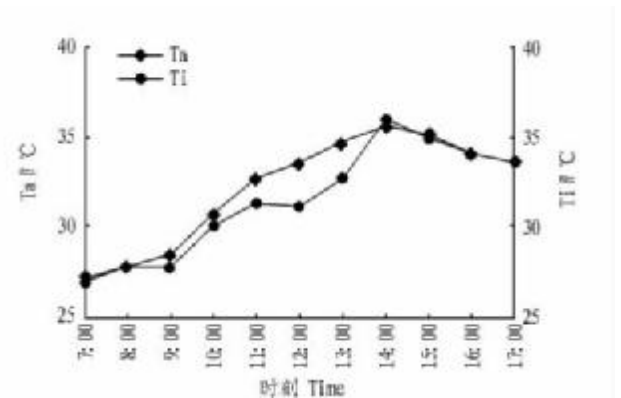


图 5 大气温度和叶表温度的日变化

Fig. 5 Daily variation of atmosphere temperature and leaf surface temperature

2.2 生态因子对互叶白千层光合日进程的影响 为了解互叶白千层的光合作用会受哪些主要因子的影响,将测定的 Pn、PAR、Ci、Gs、E、Ca、Ta、Ti 观测数据分别进行简单相关性分析,结果得出互叶白千层 Pn 与几种影响因子 Ci、Gs、Ca、(下转第 10532 页)

毛细管区带电泳结合二极管阵列检测,对家兔血浆及各组织中加替沙星的浓度进行检测分析。研究表明,家兔口服加替沙星后,各剂量组的 $t_{1/2}Ka$ 为0.39~0.50 h, $t_{1/2}Ke$ 为5.63~6.81 h, T_{max} 为1.34~1.85 h;家兔服药后0.25 h,即可在其血浆、心、

肺、肝、肾、胃、肠、肌肉组织中检测到较高浓度药物存在,表明加替沙星进入家兔体内后迅速被吸收,且分布广泛。基于上述特点,可试图将加替沙星推广用于防治动物的感染性疾病。

然而,如果动物的可食用组织中残留的抗生素浓度过

表4 家兔口服加替沙星10 mg/kg后组织分布

Table 4 Gatifloxacin levels in different tissues of rabbits following oral administration of 10 mg/kg

时间/h	心// $\mu\text{g/g}$	肺// $\mu\text{g/g}$	肝// $\mu\text{g/g}$	肾// $\mu\text{g/g}$	胃// $\mu\text{g/g}$	肠// $\mu\text{g/g}$	肌肉// $\mu\text{g/g}$
Time	Heart	Lung	Liver	Kidney	Stomach	Intestine	Muscle
0.25	1.37 ± 0.31	0.87 ± 0.13	3.06 ± 0.72	2.39 ± 0.53	6.26 ± 0.99	9.13 ± 2.05	0.96 ± 0.13
0.50	1.55 ± 0.36	2.46 ± 0.51	6.61 ± 1.05	4.03 ± 0.69	4.97 ± 0.81	6.38 ± 1.21	1.15 ± 0.22
1.00	1.29 ± 0.33	1.63 ± 0.45	2.95 ± 0.74	4.91 ± 0.86	3.01 ± 0.58	3.59 ± 0.75	1.72 ± 0.39
2.00	0.72 ± 0.11	1.17 ± 0.28	1.78 ± 0.31	2.52 ± 0.51	1.26 ± 0.29	1.77 ± 0.42	0.75 ± 0.12
4.00	0.25 ± 0.04	0.35 ± 0.09	0.89 ± 0.11	0.43 ± 0.07	0.31 ± 0.04	0.79 ± 0.11	0.27 ± 0.04

高,可通过食物链蓄积于人体,从而危害人类健康。为此,我国农业行业标准 NY5070-2002 规定,出口的无公害食品、水产品中抗生素的最大残留限量为 100 ng/g。该实验所采用的方法对血浆、心、肺、肝、肾、胃、肠、肌肉中加替沙星的回收率分别为 91.14%、90.65%、94.32%、90.71%、90.35%、91.98%、91.11%、92.04%,最低检测限为 0.05 $\mu\text{g/ml}$,线性范围较宽(0.05~5.00 $\mu\text{g/ml}$),最低检测限为 0.05 $\mu\text{g/ml}$,与邱银生等应用高效液相色谱法测定猪、鸡各组织中烟酸诺氟沙星的最低检测限一致^[6]。由此可以判断:采用 CZE-DAD 法测定家兔体内加替沙星的浓度时,从样品制备到测定的整个过程中,药物的损失程度很小,重现性强,检测限低,能充分满足实际工作的要求。

参考文献

- [1] 杜煜,郭惠元.广谱、高效、低毒的新喹诺酮类抗菌药加替沙星[J].国外医药:抗生素分册,2001,22(1):34-40.
- [2] 叶慧,殷凯生.加替沙星治疗呼吸系统和泌尿系统感染有效性和安全性临床观察[J].中国抗生素杂志,2003,28(8):49-51.
- [3] 朱斌,蒋受军,胡昌勤.高效毛细管电泳法测定加替沙星含量[J].药物分析杂志,2002,22(5):397-340.
- [4] 聂为民,王睿,方翼,等.加替沙星体外抗菌活性和血清杀菌效价的研究[J].中华医院感染学杂志,2002,12(7):33-35.
- [5] NIKI Y, YOSHIDA K, MIYASHITA N, et al. Evaluation of clinical dosage of gatifloxacin for respiratory tract infections in elderly patients based on pharmacokinetics/pharmacodynamics (PK/PD) [J]. J Infect Chemother, 2008, 14(4): 296-304.
- [6] 邱银生,朱式欧,郝玉萍,等.烟酸诺氟沙星在猪、鸡体内的组织残留研究[J].中国兽药杂志,1994,28(3):10-12.

(上接第 10479 页)

PAR、E、Ta、Ti、Rh 的相关系数分别为: -0.700、0.483、-0.758、0.736、0.336、0.596、0.587、-0.486。

Pn 日变化与 Ca 达到极显著负相关水平($r = -0.758$),与 PAR 达极显著正相关水平($r = 0.736$),与 Ci 达显著负相关水平($r = -0.700$),但与 Gs、E 和 Ta 均无显著的相关关系。用 SPSS 统计分析软件对以上因子作逐步回归分析,结果也表明,在当天的气候条件下,Ca、PAR、Ci 是对互叶白千层光合速率影响最大的几个因子。

3 结论与讨论

在日变化的动态研究中发现,互叶白千层的光合日变化呈双峰型,中午呈明显的光合“午休”现象。这种特点可以看作是互叶白千层本身一种适应环境的策略,即“逃避高温强光的策略”,互叶白千层采取了在较低光强下快速生长的策略。全天平均的净光合速率水平较低,仅为 4.50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。初步判断互叶白千层的光饱和点在 1 900.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右。

影响光合作用下降的因素大致可以分为两类:①气孔限制因素,气孔的关闭是由于供应不足引起的。②非气孔限制因素,叶绿体自身因光抑制等原因光合效率降低^[5]。根据 Farquhar 和 Sharkey 的观点,当 Pn 和 Ci 变化方向相同,且气孔导度减小时,可以认为光合速率的下降主要是由气孔导度引起的,属气孔限制因素导致;否则,Pn 和 Ci 变化方向相反,

气孔导度增大,便可以判断出光合效率的下降是由叶肉细胞羧化能力的降低引起的,属非气孔限制因素导致^[6]。在 12:00~14:00,从互叶白千层 Pn 和 Ci 变化方向、气孔导度 Gs 的变化趋势,可以判断互叶白千层的“午休”现象是气孔限制和非气孔限制两类因素共同作用的结果,其中由叶肉细胞羧化能力的降低引起的光合效率的下降,即非气孔限制因素占主要地位。

Pn 日变化与 Ca 达到极显著负相关水平,与 PAR 达极显著正相关水平,与 Ci 达显著水平,但与 Gs、E 和 Ta 均无显著的相关关系。

参考文献

- [1] 陈海燕,钟昌勇,黄耀恒.我国天然茶树油的研究现状及发展方向[J].林产化工通讯,2003(4):21-22.
- [2] 肖文发,徐德应,刘世荣,等.杉木人工林针叶光合与蒸腾作用的时空特征[J].林业科学,2002,38(5):38-46.
- [3] 常新民,黄耀恒.互叶白千层育苗技术[J].林业科技开发,2003(6):32-34.
- [4] 吴幼娟,王以红,蔡玲,等.互叶白千层离体繁殖技术[J].广西林业科学,2001,30(2):28-29.
- [5] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Annals Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [6] JIANG Q, ROCHE D, MONAEO T A, et al. Stomatal conductance is a key parameter to assess limitations to photosynthesis and growth potential in barley genotypes [J]. Plant Biol, 2006, 8: 515-521.