

桂花夏季光合特性及其与环境因子的关系

柯世省¹, 魏菊萍¹, 陈贤田², 叶伟杰¹, 周卫敏¹

(1. 台州学院 生命科学学院 浙江 临海 317000; 2. 三门林业局 浙江 三门 317100)

摘 要: 对盆栽 5 a 生丹桂的研究结果表明: 净光合速率日变化曲线为“双峰”型, 光合效率午间明显降低, 主要由非气孔限制引起。表观量子效率和实际光化学效率的降低是非气孔限制形成和发展的深层原因。蒸腾速率的日变化为“单峰型”, 午间最高。利用多元逐步回归方法得到净光合速率和蒸腾速率与环境因子的最优方程, 气温和光合有效辐射对净光合速率和蒸腾速率的影响较大。夏季适当遮荫有利于丹桂降低光抑制, 提高净光合速率, 促进植株生长。

关键词: 光合特性; 环境因子; 夏季; 多元逐步回归; 桂花

中图分类号: S 685. 13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001 - 0009(2007) 10 - 0119 - 04

光合作用是植物最重要的生理过程, 是评价植物第一生产力的标准之一。它是植物生长发育的基础, 同时又是复杂的生物物理化学过程, 受到诸多因素的影响。自然条件下, 影响植物光合作用的因子之间的关系错综复杂, 研究植物的光合特性及其与环境因子的关系显得十分重要。桂花(*Osmanthus fragrans* Lour.) 是木犀科(*Oleaceae*) 木犀属(*Osmanthus*) 常绿灌木或小乔木, 是我国长江流域各省及华南地区常见的观赏树种和经济树种, 为我国十大名花之一, 花期正值仲秋, 香飘数里, 深得人们喜爱。桂花有四季桂、银桂、金桂和丹桂 4 个品种群^[1]。在其主要生长季节夏季, 桂花受到午间强光高温的胁迫, 影响生长。现就夏季晴天自然条件下, 以丹桂(*Osmanthus fragrans* var. *aurantiacus* Mak.) 为材料, 研究环境因子对其光合作用的影响状况, 以期对桂花的栽培管理提供科学依据。

1 材料与方法

1. 1 试验材料

以盆栽 5 a 生丹桂为试材, 植株生长健壮, 受光良好。8 月初选取植株顶部生长状况相似的当年生成熟叶片, 用英国 ADC 公司生产的 LCA-4 型便携式光合测定仪对连体叶片进行测试, 采用开放式气路。重复测试 3 张叶片, 每叶片重复记录 4~6 组数据, 结果取平均值。测试前前往花盆中浇适量水, 保持土壤水分充足。

1. 2 研究方法

光合日进程测试。从 7:00~17:00 每隔 1 h 测定一

次。测定的指标有光合有效辐射($PAR/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气温($T_a/^\circ\text{C}$)、大气相对湿度($RH/\%$)、大气 CO_2 浓度($C_a/\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)、净光合速率($P_n/\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率($T_r/\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度($C_i/\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)和气孔阻力($r_s/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$), 这些指标在仪器上同步显示。

光响应测试。以黑布和多层纱布均匀遮光的方法调节光合有效辐射从 0 到 $1\,500\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 弱光下(小于 $160\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)每梯度为 $20\sim30\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、强光下为 $100\sim300\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 每梯度光照持续 3 min 到数据稳定, 测得从低到高一系列光合有效辐射下叶片的净光合速率。从低光强下净光合速率-光合有效辐射的直线斜率求得表观量子效率, 计算光补偿点。实测光饱和点和最大净光合速率。

实际光化学效率测定。暗适应 5 min 后, 以 OS30P 型叶绿素荧光测定仪(OPTI-sciences, USA)采用快速动力学法测定叶片的光化学效率(F_v/F_m)。

1. 3 数据处理

用 DPS 数据处理软件对观测数据进行多元逐步回归、偏相关分析和通径分析。

2 结果与分析

2. 1 环境因子日变化

自然条件下环境因子日变化如图 1 所示。日出后, 环境光合有效辐射(图 1-A)逐渐增大, 在 11:00~13:00 达到最大值后逐渐减小, 一天中变化幅度很大。空气 CO_2 浓度(图 1-B)早晨最高, 8:00 以后快速下降, 至 11:00 有较大幅度的下降, 以后则变化平缓, 傍晚时稍有上升, 但没有恢复到早晨水平。气温(图 1-B)在 13:00~14:00 左右达到最高值。空气相对湿度(图 1-A)随着光合有效辐射的增强和气温的升高而逐渐下降, 午后降至最低, 以后随着光合有效辐射和气温的下降又逐渐升高。

第一作者简介: 柯世省(1965-), 男, 副教授, 主要从事植物生理生态学研究。E-mail: kss@tzc.edu.cn。
基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y504256); 浙江省教育厅科研计划资助项目(20030769)。
收稿日期: 2007-05-16

2.2 光合参数日变化

在8月初晴朗天气下,丹桂净光合速率日变化呈“双峰”型(图2-A),第1峰出现在上午8:00~9:00,第2峰则在下午16:00左右,而谷底则出现在中午12:00~14:00。蒸腾速率日变化呈单峰曲线(图2-B),最高值出现在中午(12:00~14:00),此时气温接近一天中的高峰(图1-B)。胞间CO₂浓度的日变化(图2-A)基本上与净

光合速率相反,因为当净光合速率较大时,固定的CO₂较多,引起胞间CO₂浓度降低。早上光合有效辐射逐渐增大,有利于气孔张开,气孔阻力减小,至10:00左右达到低值,以后随着叶片失水过多,促使气孔部分关闭,气孔阻力逐渐增大,15:00以后,空气相对湿度有所回升,气温下降(图1-B),气孔阻力小幅下降,但16:00以后光合有效辐射过弱,气孔阻力增大(图2-B)。

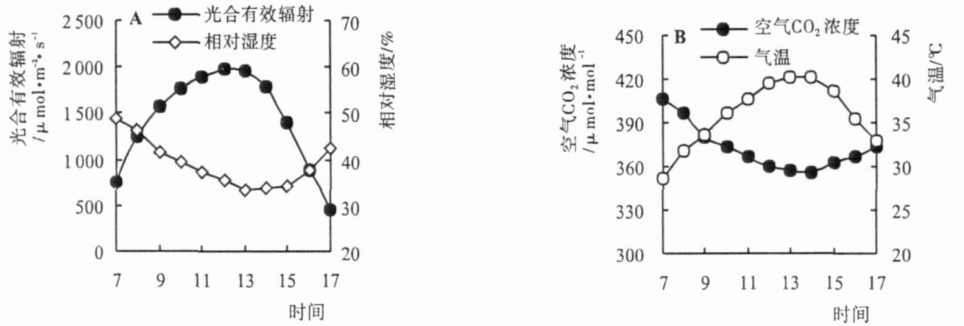


图1 环境因子日变化

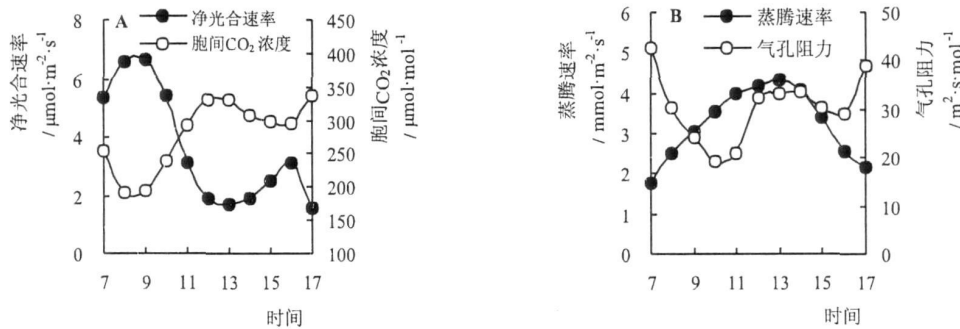


图2 净光合速率、胞间CO₂浓度、蒸腾速率和气孔导度日变化

2.3 净光合速率和蒸腾速率与环境因子的回归分析

净光合速率和蒸腾速率的变化是植物复杂的生理过程,对各种环境因子的影响非常敏感。应用逐步回归分析方法,能挑选出对这些生理过程影响较大的因子,建立最优回归方程。以光合有效辐射(x_1)、空气CO₂浓度(x_2)、空气相对湿度(x_3)、气温(x_4)与净光合速率(y)或蒸腾速率(y)的日变化数据进行多元逐步回归,得到净光合速率和蒸腾速率的回归方程(表1)。

表1 净光合速率和蒸腾速率与环境因子的回归方程

光合参数	回归方程	复相关系数 R	F 值	显著水平 P
净光合速率	$y=51.8863+0.0040x_1-0.30097x_3-1.17670x_4$	0.9020	10.1823	0.0060
蒸腾速率	$y=-6.1569+0.0081x_1+0.04003x_3+0.18587x_4$	0.9942	199.5597	0.0000

这两个回归模型可信度分别达到90.20%和99.42%,方程的显著性经F检验都达到了极显著水平($P<0.01$),拟合值与观察值接近(表2),表明其具有较强的预测能力,是较好的回归方程。从回归方程挑选的环境

因子可以看出,影响丹桂净光合速率和蒸腾速率日变化的主要因子是光合有效辐射、空气相对湿度和气温。

表2 净光合速率和蒸腾速率日变化的观察值与拟合值

时刻	净光合速率/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$		蒸腾速率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	
	观测值	拟合值	观测值	拟合值
7:00	5.36	6.53	1.76	1.73
8:00	6.58	5.64	2.51	2.61
9:00	6.63	6.05	3.05	3.05
10:00	5.42	4.44	3.53	3.58
11:00	3.12	3.90	4.16	3.89
12:00	1.90	2.83	4.20	4.19
13:00	1.69	2.52	4.34	4.22
14:00	1.97	1.54	4.07	4.12
15:00	2.51	1.86	3.39	3.51
16:00	3.12	2.27	2.58	2.69
17:00	1.56	2.21	2.17	2.02

在有多变量的情况下,变量之间的相关关系是很复杂的,因为任意两个变量之间都可能存在着相关关系,计算得到的两个变量之间的简单相关系数,往往不

能正确地说明这两个变量之间的真正关系。但偏相关系数分析可帮助排除假象相关, 找到真实联系最为密切的变量^[3]。从逐步回归中被挑选的几个因子的偏相关系数来看(表 3), 净光合速率和蒸腾速率日变化与光合有效辐射的偏相关关系分别达到了显著和极显著水平。

通径分析研究多个相关变量之间的关系和对应变量作用的大小^[3]。通径分析表明(图 3), 从直接作用大小看, 环境因子对净光合速率和蒸腾速率影响的顺序都为气温> 光合有效辐射> 空气相对湿度。这与丹桂在高温低湿条件下净光合速率明显降低的实际情况相一致。光合有效辐射是植物光合作用能量的最终来源, 但由于存在严重的光合午休, 降低了光合有效辐射与净光合速率的相关性和作用。而蒸腾作用是一种热效应, 主要受环境温度的影响。

表 3 净光合速率和蒸腾速率与环境因子的偏相关分析和通径分析

光合参数	环境因子	偏相关分析			通径分析
		偏相关系数	t 检验值	显著水平 p	直接通径系数
净光合速率	光合有效辐射	0.7284	2.8126	0.0228	1.0675
	空气相对湿度	-0.2257	0.6130	0.5569	-0.7919
	气温	-0.4919	1.4949	0.1733	-2.2474
蒸腾速率	光合有效辐射	0.8883	5.1172	0.0009	0.4836
	空气相对湿度	0.2683	0.7368	0.4823	0.2370
	气温	0.6278	2.1337	0.0654	0.7987

2.4 不同时刻光响应参数和最大光化学效率

为探讨高温强光下丹桂光合“午休”的成因, 分别于上午 8:00~9:50(光合日变化峰值时间内)和中午 12:00~13:50(光合作用“午休”时间内)进行了光响应测试和实际光化学效率测试, 结果见表 4。丹桂光合“午休”时, 气孔阻力增大(与在峰值时相比, 图 2-B), 胞间 CO₂ 浓度升高(图 2-A), 表明光合“午休”的成因主要是非气孔限制^[4]。同时表 4 表明, 光合“午休”时, 最大净光合速率、表观量子效率和实际光化学效率明显下降, 光补偿点增大, 光饱和点变小, 对光的利用能力降低, 说明此时丹桂受到了明显的光抑制, 光抑制是其光合“午休”非气孔限制形成和发展的深层原因^[5]。由于丹桂正常光饱和点在 1 000 μmol·m⁻²·s⁻¹ 上下, 而夏天晴天的光合有效辐射大多在 1 500 μmol·m⁻²·s⁻¹ 以上, 远远超过其饱和点, 所以可适当遮荫或将其栽培于稀疏的林下, 以降低叶片温度和蒸腾速率, 减轻光抑制, 提高光合

速率^[6,7]。

表 4 自然条件下一天不同时间光合参数

光合参数	时间	
	8:00~9:50	12:00~13:50
最大净光合速率 /μmol·m ⁻² ·s ⁻¹	7.83	2.07
光补偿点 LCP /μmol·m ⁻² ·s ⁻¹	54	196
光饱和点 LSP /μmol·m ⁻² ·s ⁻¹	931	587
表观量子效率	0.0281	0.0125
实际光化学效率	0.752	0.539

3 小结与讨论

研究表明, 丹桂净光合速率日变化呈“双峰”型, 第 1 峰出现在上午 8:00~9:00 左右, 第 2 峰则在下午 14:00 左右, 但峰值较小。蒸腾速率日变化呈单峰曲线, 最高值出现在中午。胞间 CO₂ 浓度的日变化与净光合速率基本相反。气孔阻力的日变化为双谷型, 中午有所增大。所以丹桂净光合速率午间降低主要是由非气孔限制因素造成的, 表观量子效率和实际光化学效率的午间降低是非气孔限制形成和发展的深层原因。

应用多元逐步回归分析方法, 建立的方程表明净光合速率和蒸腾速率与气温和光合有效辐射关系密切, 气温升高对丹桂净光合速率有更大的抑制作用。

夏季高温由高光强引起, 由于丹桂的光饱和点在 1 000 μmol·m⁻²·s⁻¹ 左右, 而夏季的光合有效辐射大部分时间里都在 1 500 μmol·m⁻²·s⁻¹ 以上, 所以在夏季丹桂的栽培管理中可以适当遮荫, 以降低叶片温度, 减轻光抑制, 提高净光合速率, 促进植株生长。

参考文献

[1] 臧德奎 向其柏, 刘玉莲. 木犀属品种分类研究[J]. 林业科学, 2006 42(5): 17-21.

[2] 张贤珍. BASIC 语言农业数理统计计算程序[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 178.

[3] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 304-311.

[4] 许大全, 沈允钢. 光合作用限制因子[M]. 植物生理与分子生物学(第二版). 北京: 科学出版社, 1998: 262-276.

[5] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. Biochim Biophys Acta, 1989, 199: 87.

[6] 郑国生, 何秀丽. 夏季遮荫改善大田牡丹叶片光合功能的研究[J]. 林业科学, 2006, 42(4): 27-32.

[7] 陈洪国, 姜军权. 遮光处理对盆栽桂花幼苗生长、水分、光合作用及微环境的影响[J]. 北方园艺, 2006(2): 27-29.

Photosynthetic Characteristics of *Osmanthus fragrans* Leaves and its Relation to Environmental Factors in Summer

KE Shi-sheng¹, WEI Jur-ping¹, CHEN Xian-tian², YE Wei-jie¹, ZHOU Wei-min¹

(1. School of Life Science, Taizhou University, Zhejiang Linhai 317000, China; 2. Sanmen Forestry Bureau, Zhejiang Sanmen 317100, China)

Abstract: Mature leaves of 5-year-old potted *Osmanthus fragrans* var. *aurantiacus* Mak. were used to determine photo-

几种花卉叶片的组织结构对其抗甲醛能力的影响

邸 葆¹, 陈段芬¹, 果秀敏², 鲁 媛¹, 张成合¹

(1. 河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学 理学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以绿萝(*Scindapsus aureus*)、亮丝草(*Aglaonema modestum*)、花烛(*Anthurium andraeanum*)、长寿花(*Catharanthus roseus*)和非洲菊(*Gerbera jamesonii*)为试材, 浓度为 5.0 mg/mL 的甲醛处理 24 h 后, 观察其受害状况, 并对其叶片进行解剖观察。结果表明: 叶片表皮的气孔密度、栅栏组织和海绵组织的细胞排列方式等对植物抗甲醛能力有明显影响, 未发现处理前后气孔开度变化与植物抗甲醛能力之间存在明显的正相关。

关键词: 甲醛; 气孔; 栅栏组织; 海绵组织

中图分类号: S 68.03.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)10-0122-03

随着人民生活水平的不断提高, 居室环境的空气质量越发受到人们的重视。近年来, 各种新型建筑、装修材料和人造板材家具的大量使用, 引发了一系列严重的室内空气污染问题。这些材料遇热潮解时都会释放甲醛气体, 所以甲醛成为室内主要的污染物之一^[1,2]。

已有资料报道, 居室绿色植物可以减轻甲醛污染^[3,4]。目前, 国内外关于二氧化硫、氮氧化物、氟化物等对植物的伤害机理的研究较多, 但对于花卉对甲醛的抗性机理鲜有报道。试验从植物叶片的形态结构方面来解释植物对甲醛的抗性机理, 旨在给人们在选择抗甲醛污染花卉种类时提供依据, 也为进一步研究甲醛的伤害机理提供参考。

第一作者简介: 邸葆(1978-)男, 河北深泽人, 讲师, 主要从事观赏植物科研与教学研究。

通讯作者: 陈段芬(1968-), 女, 河北宁晋人, 副教授, 从事花卉栽培与生理研究。

收稿日期: 2007-06-07

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为花烛、绿萝、亮丝草、非洲菊、长寿花, 均购自河北省保定市窑上村花卉市场, 每种花卉的品种、株龄和植株的生长状况基本一致。

1.2 方法

利用铝合金架和后塑料布自制 50 cm×30 cm×50 cm 的密闭容器, 同时将盆土用塑料布包裹, 防止土壤吸收甲醛。甲醛处理终浓度为 5.0 mg/mL, 每种植物设 3 次重复。在甲醛处理前和处理 24 h 后, 采取相似部位叶片, 用 FAA 溶液固定 24 h。撕取下表皮做徒手切片观察气孔变化。同时将叶片纵切制成石蜡切片, 在显微镜下观察细胞的排列情况。观察并记录植株受害状况。

2 结果与分析

2.1 受害症状

由图 1 看出, 非洲菊(图 1E)受害最严重, 叶片褐黄色、变软, 植株已经枯萎死亡; 长寿花(图 1D)表现为叶片

synthesis. The results were as follows. In summer clear days, the curve of diurnal variations of net photosynthetic rate (P_n) had two peaks, which had an obvious phenomenon of midday decline of photosynthetic efficiency. The mid-depress of P_n was principally caused by non-stomatal limited elements. The decrease of apparent quantum yield (AQY) and actual photochemical efficiency at noon showed that there existed photoinhibition, which was the intrinsic reason why non-stomatal limitation could form and develop. The curve of diurnal variation of transpiration rate (T_r) had one peak exhibiting highest value at noon. The most excellent equation of the diurnal variation of P_n and T_r was attained by the method of stepwise multi-regression. The analysis of partial correlation and path coefficient on P_n , T_r and factors showed that the diurnal variation of P_n and T_r had closer relations to photosynthetic active radiation (PAR), air relative humidity (RH), and air temperature (T_a). PAR , RH and T_a were the primary direct factors which effected P_n and T_r . The order of effected ability on P_n and T_r were $T_a > PAR > RH$. It is suggested that mild shading culture of *Osmanthus fragrans* var. *aurantiacus* Mak. is beneficial to the reduction of leaf temperature and photoinhibition in summer.

Key words: Photosynthetic characteristics; Environmental factor; Summer; Stepwise multi-regression; *Osmanthus fragrans*