

遮阴处理对金蒲桃生长量及光合参数的影响^{*}

陈雪梅 廖 怡 张育恺 冯志坚

(华南农业大学, 广东 广州 510642)

摘要 以2 a生金蒲桃(*Xanthostemon chrysanthus*)幼苗为材料,研究了全光照,50%遮阴,70%遮阴,90%遮阴4种遮阴处理对金蒲桃生长特性、生物量分配、光合生理变化的影响,结果表明:与自然光全处理对比,遮光极显著($P<0.01$)地抑制了金蒲桃幼苗生物量的积累,遮光处理组叶片数量减少,叶生物量比下降,茎生物量比增加;光补偿点、光饱和点、暗呼吸速率和最大光合速率降低,光能利用效率低于全光照叶,强光下遮阴叶的净光合速率保持稳定。上述结果说明:遮阴处理后,金蒲桃在生长特性、生物量分配和光合参数上表现出对遮阴弱光的适应,表明金蒲桃是一种能广泛应用于各种光照条件的优良景观树种。

关键词 金蒲桃;遮阴;生物量;光合特征;耐阴性

中图分类号: S723 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2017) 02-0077-04

Effects of Shading on Growth and Response Characteristics of Photosynthesis in *Xanthostemon chrysanthus*

CHEN Xuemei LIAO Yi ZHANG Yukai FENG Zhijian

(South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract The growth characteristics, biomass allocation and photosynthetic physiological changes of 2-year-old *Xanthostemon chrysanthus* were examined with 4 shade gradients: full natural light (FL), 50% shading (LS), 70% shading (MS), 90% shading (HS). The results showed that compared with FL, shading inhibited the biomass accumulation of *X. chrysanthus* extremely significantly. Shading also reduced the leaf number and leaf mass ratio. However, stem mass ratio increased under shading condition. With shading treatment, plants had lower light-compensation point, light-saturation point, dark photosynthetic rate and maximum photosynthesis rate, and photosynthetic rate of light-saturation was significantly lower. When given strong light, the net photosynthetic rate of the plants under irradiation shade remained stable. We concluded that *X. chrysanthus* had the ability to adjust to shade in growth characteristics, biomass allocation, characteristics of photosynthetic. It is showed that *X. chrysanthus* is a good landscape tree species that could be widely used in various light conditions.

Key words *Xanthostemon chrysanthus*; shading; biomass; photosynthesis; shade tolerance

随着城市化进程的加快和生态文明建设的兴起,城乡绿化建设迎来一个快速发展时期,园林植物的需求日益增加,筛选和引进具有优良景观

和生态适应性的园林植物是满足生态园林建设的迫切需要^[1]。金蒲桃(*Xanthostemon chrysanthus*)原产澳大利亚,近年引种到福建省、广东省等地,

^{*} 第一作者:陈雪梅(1989—),女,在读硕士研究生,研究方向为植物资源开发利用, E-mail: 553028047@qq.com。

通信作者:冯志坚(1962—),男,副教授,主要从事植物资源开发利用研究, E-mail: fengzj@scau.edu.cn。

其树形优美,花、叶均具观赏性,花色独特、花姿优美,在绿化应用方面潜力很大。当前国内外以金蒲桃的景观介绍和繁殖特性研究为主^[1-6],对其生态适应性研究较少,尤其是在适应性方面的基础研究仅见低温胁迫下的生理变化研究^[7-8]。本研究通过人工模拟遮阴处理,观测不同遮阴条件下金蒲桃株高和地径生长量变化、生物量分布格局以及叶片形态对光强的响应等,探讨其最适宜的光照强度,旨在为金蒲桃栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究地位于广东省广州市天河区华南农业大学树木园,平均海拔 52 m,坐标为 113° 21' 22" E, 23° 9' 44" N,属亚热带季风气候,水热同期、雨量充沛、无霜冻。年平均气温 20~22 °C,平均相对湿度 77%,市区年降雨量约为 1 720 mm。研究地地貌类型为低丘陵,土壤类型为红壤,母岩为花岗岩。

1.2 试验材料

选取高约 50 cm、健壮、无病虫害、长势良好的 2 a 生金蒲桃实生苗,栽种于 8 cm×8 cm 的育苗袋中,基质为塘泥:沙(1:1)的混合基质。

1.3 试验设计

试验于 2014 年 5 月至 10 月进行。试验共设 4 个处理,对照组为全光照组 (FL),其他 3 个处理使用不同遮光度的黑网进行遮阴,分别为 50% 遮阴 (LS),70% 遮阴 (MS),90% 遮阴 (HS)。每个处理 3 个重复,每个重复 10 株苗。

1.4 指标测定

1.4.1 生长指标 试验前及遮光处理 5 个月后测定植株的株高和地茎。试验结束后,各处理随机选取 12 株幼苗,整株挖出清洗干净,分茎、叶、根 3 部分,105 °C 杀青 0.5 h 后在 80 °C 下烘干至恒质量,分别测定其干质量。计算根生物量比 (根生物量/总生物量)、茎生物量比 (茎生物量/总生物量)、叶生物量比 (叶生物量/总生物量)、冠根比 (地上部分生物量/根生物量)。

1.4.2 光合特性测定 采用 Li-6400 便携式光合仪 (Li-Cor, Inc, USA), 2014 年 9 月 20 日 8:30—11:30 时测定光合特征曲线,各处理组选取 3 株长势相对一致、无病虫害的苗木,作为 3 个重复,选择顶端向下的第 5 片完全展开的叶片。空气流速为 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 浓度为 430 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,

湿度为测定时的环境值。

1.5 数据统计

本文利用 SPSS 21.0 对数据进行差异显著性分析,Microsoft excel 2007 进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同遮阴处理对金蒲桃生长特性的影响

金蒲桃幼苗的形态特征在不同遮阴处理下差异显著 (表 1),全光照组的生长最好,株高生长量显著大于遮阴组处理 ($P<0.05$);叶片数量、地径生长量极显著大于遮阴组处理 ($P<0.01$)。遮阴组间的地径生长量无显著差异。

表 1 遮阴处理对 2 a 生金蒲桃幼苗生长的影响

遮阴处理 /%	株高生长量 /cm	地径生长量 /cm	叶片数量 /片
0	32.53 ± 2.67 aA	3.99 ± 0.43 aA	71.33 ± 0.88 aA
50	25.64 ± 1.35 bA	2.57 ± 0.95 bB	65.67 ± 1.20 bB
70	11.34 ± 0.46 cB	2.21 ± 0.54 bB	50.33 ± 0.88 cC
90	5.63 ± 1.08 dB	2.11 ± 0.07 bB	49.67 ± 1.20 cC

注:处理时间为 2014 年 5—10 月,表中数据为平均值 ± 标准差;同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著,不同大写字母表示在 $\alpha=0.01$ 水平差异显著。

2.2 遮阴对金蒲桃生物量积累及其分配影响变化

遮阴度增加显著抑制金蒲桃幼苗生物量的积累 (表 2),全光照组与遮阴组生物量差异极显著 ($P<0.01$)。随着遮阴程度的增加,叶生物量比逐渐减少。遮阴组的茎生物量极显著高于全光照组 ($P<0.01$)。各处理组间的根生物量比和冠根比无显著差异。

2.3 不同遮阴处理对金蒲桃叶片光合参数的影响

遮阴叶的最大光合速率 ($P_{\max}$)、光补偿点 (LCP)、光饱和点 (LSP)、暗呼吸速率 (R_d) 随着遮阴程度的增加而显著降低 ($P<0.05$) (表 3),但 70% 遮阴和 90% 遮阴处理组叶的 $P_{\max}$ 和 LCP 差异不显著,50% 遮阴与 70% 遮阴处理组叶的 R_d 差异不显著。各处理叶的光能利用效率 (ϕ) 差异不显著。

由图 1 可知,各个处理组叶片的净光合速率 (P_n) 对光有效辐射 (PAR) 变化的响应趋势相同,呈先增加后降低的趋势。低光强时,各处理的 P_n 随着光照的增强迅速增加,当光强增大到一定程度时, P_n 增加趋于平缓,到达光饱和点时, P_n 到达最大值。从图 1 看出,遮阴处理组叶片的光能利用效率均低于全光照组叶片。

表2 遮阴处理对2 a 生金蒲桃幼苗生物积累和分配的影响

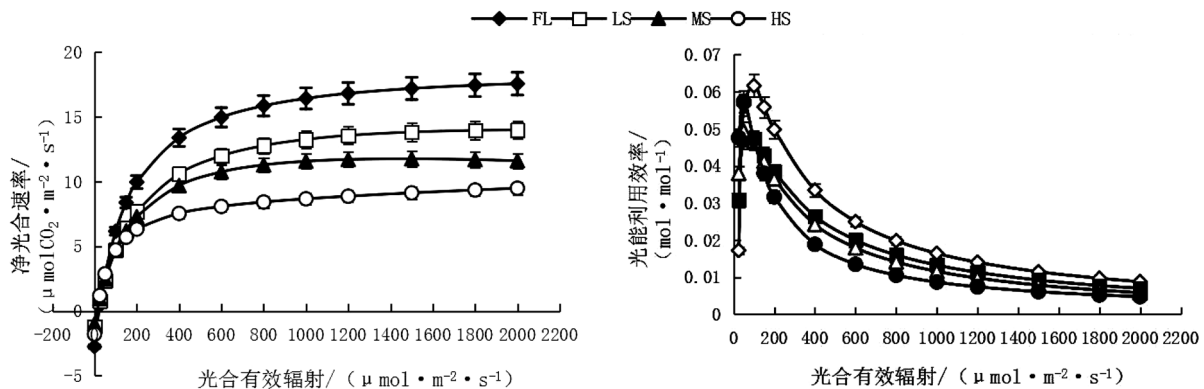
遮阴处理 /%	总生物量 /g	叶生物量 /g	茎生物量 /g	根生物量 /g	叶生物量比	茎生物量比	根生物量比	冠根比
0	98.07 ± 1.57 aA	49.30 ± 0.54 aA	24.52 ± 0.46 aA	24.26 ± 0.68 aA	0.50 ± 0.48 aA	0.25 ± 0.00 cC	0.25 ± 0.00	3.05 ± 0.64
50	75.71 ± 1.84 bB	30.87 ± 0.73 bB	25.88 ± 0.62 aA	18.97 ± 1.23 bB	0.41 ± 0.00 bB	0.34 ± 0.01 aAB	0.25 ± 0.01	3.01 ± 0.18
70	60.77 ± 0.89 cC	24.78 ± 0.35 cC	20.05 ± 0.09 bB	16.91 ± 0.57 bcBC	0.41 ± 0.01 bB	0.31 ± 0.00 bB	0.28 ± 0.01	2.60 ± 0.10
90	54.53 ± 0.74 dD	20.06 ± 0.92 dD	22.38 ± 0.9 bB	14.43 ± 0.34 cC	0.36 ± 0.01 cC	0.37 ± 0.00 aA	0.26 ± 0.01	2.78 ± 0.11

注：各处理时间为2014年5月—10月，表中数据为平均值 ± 标准差；同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著，不同大写字母表示在 $\alpha=0.01$ 水平差异显著；无字母表示差异不显著。

表3 不同遮阴处理对2 a 生金蒲桃光响应模型参数的影响

遮阴处理 /%	$P_{\max} /$ ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	$\Phi /$ ($\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	LCP/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	LSP/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	$R_d /$ ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
0	21.14 ± 0.04 a	0.071 ± 0.03	14.24 ± 1.56 a	1109.22 ± 11.00 a	2.75 ± 0.10 a
50	14.610 ± 0.01 b	0.067 ± 0.02	8.99 ± 1.69 b	763.25 ± 9.72 b	1.21 ± 0.01 b
70	12.03 ± 0.03 c	0.068 ± 0.01	6.44 ± 0.78 c	526.74 ± 8.15 c	1.01 ± 0.01 b
90	11.04 ± 0.03 c	0.073 ± 0.04	5.61 ± 0.84 c	364.99 ± 4.74 d	0.80 ± 0.02 c

注：各处理时间为2014年5月—10月；表中数据为平均值 ± 标准差；同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著，不同大写字母表示在 $\alpha=0.01$ 水平差异显著；无字母表示差异不显著。



注：处理时间为2014年5月—10月，FL代表全光照处理，LS代表50%遮阴处理，MS代表70%遮阴处理，HS代表90%遮阴处理。

图1 不同遮阴处理下2 a 生金蒲桃的光响应曲线和光能利用效率

3 结论与讨论

光是调控植物生长发育的重要环境因子，遮光极显著 ($P<0.01$) 地抑制了金蒲桃幼苗生物量的积累，金蒲桃幼苗叶片数量减少，叶生物量比下降，茎生物量比增加，各光照强度下根生物量比和冠根比差异不显著。金蒲桃幼苗在全光照组的生长最好，高生长量与遮阴组处理均存在显著差异 ($P<0.05$)；叶片数量、地径生长量与遮阴组处理均存在极显著差异 ($P<0.01$)。随着光辐射强度的减弱，叶面积通常变大，叶片数量减少^[10-13]，

本研究结果和该结论一致。研究表明高光强下，植物会减少叶生物量分配比而增加根生物量分配比，遮阴时，叶生物量分配比增加，而根生物量分配比减少^[14-15]，但本试验结果表明金蒲桃在遮阴条件下叶生物量比显著下降 ($P<0.05$)，茎生物量比显著增加 ($P<0.05$)，说明金蒲桃对弱光照采取的生态适应策略为将生物量往茎干转移。

金蒲桃可以通过提高光合速率来利用强光， $P_{\max}$ 随光照强度增加而增加，对照组显著高于其他3个遮阴处理组。 ϕ 能正确地反映光合机构光合功能的变化^[16]。 ϕ 越大表明植物吸收与转换光能的

色素蛋白复合体可能越多,利用弱光能力更强一些^[17]。金蒲桃的 ϕ 各处理间差异不显著,说明金蒲桃对光照适应幅度较广。LSP和LCP是反映植物对强光和弱光利用能力,代表了植物的需光特性和需光量^[18],即植物的LCP越低,越能利用低光照进行光合作用,在光照条件十分有限的情况下,植物通过降低LCP来适应弱光环境,称为植物光合的光驯化现象。遮阴组处理叶片的LSP和LCP显著低于全光照处理组叶片($P<0.05$),表明金蒲桃具有部分阴生叶的特性,其叶片具有较强的利用弱光的能力。也说明金蒲桃能在有限的光照条件下以最大能力利用低光量子密度,进行光合作用,提高有机物质的积累,维持碳平衡。金蒲桃 R_d 随着遮阴程度的增加而逐渐减小,90%遮阴处理下最低,说明金蒲桃可以降低自身呼吸速率来减少碳损耗,从而适应低光照环境。当光强 $<50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,3个遮阴处理下金蒲桃光能利用效率高于全光照对照组,说明金蒲桃在弱光条件下有较强的利用弱光的能力,这与薛思雷等^[19]的研究结果相一致。金蒲桃在全光照条件下的光补偿点、光饱和点和最大净光合速率最大,说明金蒲桃更适合于强光下生长,而金蒲桃在原产地自然环境中可高达20m,也能一定程度说明金蒲桃喜欢强光环境,这与实验结果相一致。但由遮阴条件下金蒲桃各项光合指数又证明金蒲桃对弱光环境也有较强的利用能力,由此可以认为金蒲桃喜光,但是对光照强度适应幅度较广,是一种能广泛应用于各种光照条件的优良景观树种。

参考文献

- [1] HELLYER, R O. The occurrence of β -triketones in the steam-volatile oils of some myrtaceous Australian plants[J]. Australian Journal of Chemistry, 1968, 21(11): 2825-2828.
- [2] RICHARDS A E, SHAPCOTT A, PLAYFORD J, et al. Physiological profiles of restricted endemic plants and their widespread congeners in the north Queensland wet tropics, Australia[J]. Biological Conservation, 2003, 111(1): 41-52.
- [3] JOSEPH J. BROPHY, ROBERT J. GOLDSACK, PAUL I. FORSTER. A preliminary examination of the leaf oils of the genus *Xanthostemon* (Myrtaceae) in Australia[J]. Journal of Essential Oil Research, 2006, 18(2): 222-230.
- [4] NAZARUDIN M A, TSAN F Y, NORMANIZA O, et al. Growth performance and flowering of *Xanthostemon chrysanthus* at two urban sites in kuala lumpur, malaysia[J]. Journal of Tropical Forest Science, 2014, 26(3): 428-434.
- [5] OSMAN N, NAZARUDIN M R A, TSAN F Y, et al. Phenological growth stages of the golden penda tree (*Xanthostemon chrysanthus*)[J]. Annals of Applied Biology, 2012, 161(1): 12-15.
- [6] 莫健斌, 陈文燕, 马斌, 等. 黄金蒲桃组织培养初步研究[J]. 江苏林业科技, 2013, 40(5): 10-13.
- [7] 兰建彬, 刘国花, 唐建民, 等. 黄金蒲桃对低温逆境的生理响应及其抗寒性[J]. 广东农业科学, 2014, 41(15): 37-42.
- [8] 吴盈莹, 刘永金, 廖怡, 等. 金蒲桃在深圳市的适应性研究[J]. 现代农业科技, 2014(11): 82-83.
- [9] 叶子飘, 高峻. 低光强时丹参叶片的光合速率与光强的关系[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2007, 28(4): 47-50.
- [10] ANDERSON Y O. Seasonal development in sun and shade leaves[J]. Ecology, 1955, 36(3): 430-439.
- [11] DUBA S E, CARPENTER S B. Effect of shade on the growth, leaf morphology, and photosynthetic capacity of an American sycamore clone[J]. Castanea, 1980, 45(4): 219-227.
- [12] CARPENTER S B, SMITH N D. A comparative study of leaf thickness among southern Appalachian hardwoods[J]. Canadian Journal of Botany, 1981, 59(59): 1393-1396.
- [13] GOULET F, BELLEFLEUR P. Leaf morphology plasticity in response to light environment in deciduous trees[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1986, 16(1): 29-30.
- [14] 平晓燕, 周广胜, 孙敬松. 植物光合产物分配及其影响因素研究进展[J]. 植物生态学报, 2010, 34(1): 100-111.
- [15] 温达志, 孔国辉, 林植芳, 等. 光强对四种亚热带树苗生长特征影响的比较[J]. 热带亚热带植物学报, 1999(2): 125-132.
- [16] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.
- [17] 王振兴, 朱锦懋, 王健, 等. 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应[J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3841-3848.
- [18] 张旺铎, 樊大勇, 谢宗强, 等. 濒危植物银杉幼树对生长光强的季节性光合响应[J]. 生物多样性, 2005, 13(5): 387-397.
- [19] 薛思雷, 王庆成, 孙欣欣, 等. 遮荫对水曲柳和蒙古栎光合、生长和生物量分配的影响[J]. 植物研究, 2012, 32(3): 354-359.