

闻婧, 张俊, 孟力力, 等. 夏季遮光对糖槭光合特性和叶绿素荧光动力学特征的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 189–190.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.062

# 夏季遮光对糖槭光合特性和叶绿素荧光动力学特征的影响

闻婧, 张俊, 孟力力, 韦金河, 李倩中, 李淑顺

(江苏省农业科学院园艺研究所/江苏省高效园艺作物遗传改良重点实验室, 江苏南京 210014)

**摘要:**选用糖槭为材料, 使用不同型号遮阳网、设置不同遮光环境, 研究不同遮光条件对糖槭叶片叶绿素荧光参数的影响。结果表明, 遮光可以显著提高糖槭叶片的  $F_v/F_m$ 、 $PI_{ABS}$ 、 $ET_0/TR_0$  和  $ET_0/ABS$ , 降低叶片的  $ABS/RC$ 、 $ET_0/RC$  和  $DI_0/RC$ ; 在遮光 50% 的条件下, 糖槭表现出最大净光合速率。遮光有利于提高糖槭叶片 PS II 反应中心对能量的转化和利用, 同时降低对能量的耗散, 两者平衡是提高糖槭光合性能的关键。

**关键词:**糖槭; 叶绿素荧光; 遮光; 叶绿素; 光合特性

**中图分类号:** Q945.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0189-02

糖槭 (*Acer saccharum* Marsh.) 是多年生落叶乔木, 秋季叶片变红, 犹如灿烂的朝霞, 是加拿大的标志。糖槭还是世界三大糖科植物之一, 含糖量丰富, 是极具观赏性和实用性的优良树种, 在我国多用于城市园林绿化。但城市中建筑物和各种设施数量不断增加, 很多园林植物生长都处在遮光环境下, 对植物的光合生理等造成影响<sup>[1-2]</sup>。本试验以糖槭为材料, 研究其在不同遮光环境下的光合生理特性, 为糖槭在园林绿化中的应用提供有益参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验于 2013 年夏季 (6—9 月) 在江苏省农业科学院试验苗圃进行, 采用不同规格的黑色遮阳网分别搭建 2.5 m 高的遮阴棚, 以生长健壮、长势基本一致的 2 年生糖槭幼苗为材料, 株间距 40 cm × 40 cm。遮阳网规格和使用情况见表 1。

表 1 遮阳网规格和使用情况

处理	遮阳网使用			供试株数 (株)	株高 (cm)	茎基直径 (cm)
	规格	覆盖层数 (层)	遮光率 (%)			
CK	无	0	0	5	55~65	4~6
TQ-1	2 针型	1	50	5	55~65	4~6
TQ-2	3 针型	1	70	5	55~65	4~6
TQ-3	3 针型	2	90	5	55~65	4~6

### 1.2 测定指标

植株定植后 3 个月, 从植株顶端向下选取 2~5 节完全展开的功能叶片, 使用 PP Systems 公司生产的 CIRAS-2 光合仪测定光响应曲线参数, 使用 Handy PEA 植物效率分析仪测量叶片叶绿素荧光动力学参数, 每株测量 3 张叶片, 每处理测量 3 株。CIRAS-2 光合仪使用 LED 光源, 设置 1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、0  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  共 10 个光合

有效辐射梯度,  $\text{CO}_2$  注入系统设定值为 400  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

### 1.3 数据分析

使用 SPSS、Excel 软件对数据进行方差分析、LSD 多重比较及作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 遮光处理对槭树光合特性的影响

由图 1 可知, 糖槭在光合有效辐射为 0~400  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  时, 处理 TQ-1、TQ-2 和 TQ-3 光响应曲线基本一致, 且上升趋势明显快于 CK; CK 在光合有效辐射达到 800  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  后, 光合速率明显下降; 处理 TQ-1 和 TQ-2 的光合曲线总体一致, 并明显高于 TQ-3 和 CK。由表 2 可知, 处理 TQ-1 的糖槭最大净光合速率和光饱和点最高, 分别为 17.3、1 300  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 明显大于 CK 无遮光处理; 随着遮光程度的增加, 糖槭最大净光合速率和光饱和点下降; 遮光降低了糖槭的光补偿点, 光补偿点大小为 CK > TQ-3 > TQ-2 > TQ-1。

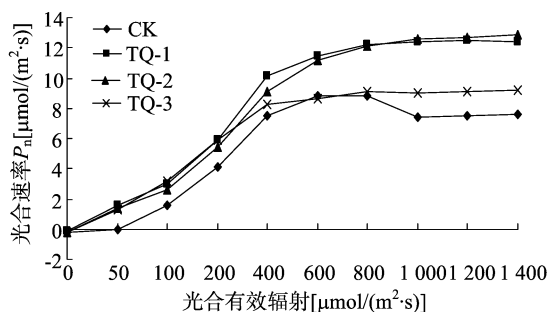


图 1 糖槭在不同遮光条件下的光响应曲线

### 2.2 遮光处理对叶绿素荧光动力学特征的影响

**2.2.1 遮光处理对叶绿素荧光参数  $F_0$ 、 $F_v/F_m$ 、 $PI_{ABS}$ 、 $ABS/RC$ 、 $ET_0/RC$  和  $DI_0/RC$  的影响**  $F_0$  为初始荧光, 是判断 PS II 反应中心运转情况的重要指标,  $F_0$  升高表明 PS II 反应中心受到破坏或者失活;  $F_v/F_m$  为 PS II 最大光化学效率, 反映 PS II 反应中心光能的转换效率, 在发生光抑制时会降低;  $PI_{ABS}$  为叶片光合性能的指标,  $ABS/RC$  表示单位反应中心吸收的能量,  $ET_0/RC$  表示单位反应中心用于电子传递的能量,  $DI_0/RC$  表示单位反应中心热耗散的能量。由表 3 可知, 糖槭

收稿日期: 2014-07-30

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31200523); 江苏省农业科技自主创新资金 [编号: CX(14)4031]。

作者简介: 闻婧 (1983—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 主要从事设施栽培研究。E-mail: wenjing123006@sina.com。

表 2 糖槭在不同遮光条件下的光响应曲线模拟参数

处理	表观初始量子效率 $\alpha$ [ $\text{CO}_2, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]/[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	最大净光合速率 $P_{\max}$ [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	光饱和点 LSP [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	光补偿点 LCP [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	模型拟合 $R^2$ 值
CK	0.022	10.8	1050	9.5	0.993
TQ-1	0.027	17.3	1300	2.0	0.991
TQ-2	0.029	15.9	1250	4.4	0.991
TQ-3	0.030	10.0	700	4.7	0.989

遮光后的  $F_o$  没有表现出显著的升高,这说明遮光没有对  $F_o$  造成显著影响,PS II 反应中心运转情况良好;随着遮光程度的加深,糖槭的  $F_v/F_m$  均有显著增加,这说明遮光可以显著提高糖槭的光能转换效率,在无遮光条件下会受到光抑制<sup>[3]</sup>;糖槭的  $PI_{\text{ABS}}$  有显著升高;遮光率达到 90% (处理 TQ-3),糖槭叶片  $ABS/RC$  显著下降,其他处理间无显著性差异,

这说明深度遮光显著减少了糖槭对能量的吸收;糖槭在遮光率 50% 的处理下  $ET_0/RC$  最高,并显著高于其他处理,这说明适度遮光可以促使糖槭叶片单位反应中心更多的能量用于电子传递,深度遮光则对其有抑制作用; $DI_0/RC$  在无遮光对照下最大,并随遮光程度的加深而降低,这说明遮光可以显著降低叶片单位反应中心能量的耗散<sup>[4]</sup>。

表 3 遮光对糖槭叶绿素荧光参数  $F_o$ 、 $F_v/F_m$ 、 $PI_{\text{ABS}}$ 、 $ABS/RC$ 、 $ET_0/RC$  和  $DI_0/RC$  的影响

处理	$F_o$	$F_v/F_m$	$PI_{\text{ABS}}$	$ABS/RC$	$ET_0/RC$	$DI_0/RC$
CK	510 ± 10.5b	0.79 ± 0.02c	2.76 ± 0.61c	1.92 ± 0.05a	0.93 ± 0.03b	0.44 ± 0.02a
TQ-1	579 ± 43.1a	0.80 ± 0.01bc	3.58 ± 0.49bc	2.02 ± 0.19a	1.10 ± 0.08a	0.42 ± 0.03a
TQ-2	513 ± 18.7b	0.82 ± 0.01a	4.27 ± 0.57b	1.82 ± 0.12a	0.93 ± 0.04b	0.35 ± 0.03b
TQ-3	545 ± 25.9ab	0.81 ± 0.02ab	6.44 ± 0.59a	1.56 ± 0.08b	0.88 ± 0.02b	0.29 ± 0.04c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

2.2.2 遮光对叶绿素荧光参数  $V_j$ 、 $W_k$ 、 $S_m$ 、 $M_0$ 、 $ET_0/TR_0$  和  $ET_0/ABS$  的影响  $V_j$  为  $J$  点的可变荧光,在一定程度上反映 PS II 反应中心受体侧的情况; $W_k$  为  $k$  点的相对可变荧光  $F_k$  占  $F_j \sim F_0$  振幅的比例,与 PS II 反应中心供体侧(放氧复合体)的伤害有关; $ET_0/TR_0$  反映光合激发能从 QA 向 QB 以下传递的效率, $ET_0/ABS$  反映天线吸收的能量传递到 QB 以下

的效率<sup>[5]</sup>。由表 4 可知,遮光使糖槭的  $V_j$  有显著下降,这说明 PS II 反应中心受体侧电子传递正常;而糖槭  $W_k$  未显著升高,这说明 PS II 反应中心供体侧电子也传递正常<sup>[6]</sup>;遮光可显著提高糖槭的  $ET_0/TR_0$  和  $ET_0/ABS$ ,这说明遮光环境下糖槭的电子传递链情况良好。

表 4 遮光对糖槭叶绿素荧光参数  $V_j$ 、 $W_k$ 、 $S_m$ 、 $M_0$ 、 $ET_0/TR_0$  和  $ET_0/ABS$  的影响

处理	$V_j$	$W_k$	$S_m$	$M_0$	$ET_0/TR_0$	$ET_0/ABS$
CK	0.42 ± 0.03a	0.47 ± 0.03a	23.2 ± 0.11ab	0.64 ± 0.03a	0.57 ± 0.009c	0.45 ± 0.015c
TQ-1	0.37 ± 0.02b	0.48 ± 0.03a	23.1 ± 2.48ab	0.61 ± 0.07a	0.63 ± 0.012b	0.51 ± 0.015b
TQ-2	0.38 ± 0.01b	0.44 ± 0.02ab	20.9 ± 0.70b	0.57 ± 0.05a	0.62 ± 0.007b	0.51 ± 0.010b
TQ-3	0.31 ± 0.001c	0.39 ± 0.04b	24.5 ± 1.28a	0.42 ± 0.03b	0.69 ± 0.001a	0.56 ± 0.010a

3 结论

经遮光处理,糖槭叶片 PS II 反应中心的光能转化效率显著提高,但仅在遮光 50% 的条件下,最大净光合速率最优,并大于无遮光处理。从叶绿素荧光参数看,糖槭随着遮光程度的加深,叶片  $F_v/F_m$ 、 $PI_{\text{ABS}}$ 、 $ET_0/TR_0$  和  $ET_0/ABS$  均有显著提高,这说明遮光有利于提高糖槭 PS II 反应中心对能量的转化和利用,这与前人对青榨槭、云南金钱槭、红松幼苗、花生等的研究结果<sup>[7-10]</sup>相似;在无遮光处理下,糖槭植株叶片在一定程度上受到了光抑制。遮光处理并没有使糖槭叶片在 PS II 反应中心对能量的利用率和转化率最高时表现出最大净光合速率,这是因为遮光同时降低了叶片对能量的吸收。因此,在叶片 PS II 反应中心性能提升的前提下,增加对能量的吸收、减少对能量的耗散是植物提高光合速率的重点,只有两者达到完美的契合,才能使植物发挥出最大的生长潜能。

参考文献:

[1] 张斌斌,姜卫兵,翁忙玲,等. 遮荫对红叶桃叶片光合生理的影响[J]. 园艺学报,2010,37(8):1287-1294.

[2] 于盈盈,胡 聃,郭二辉,等. 城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响[J]. 生态学报,2011,31(19):5646-5653.

[3] 曹 刚,张国斌,郁继华,等. 不同光质 LED 光源对黄瓜苗期生长及叶绿素荧光参数的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(6):1297-1304.

[4] 李鹏民. 快速叶绿素荧光诱导动力学在植物逆境生理研究中的应用[D]. 泰安:山东农业大学,2007:14-50.

[5] 张子山,张立涛,高辉远,等. 不同光强与低温交叉胁迫下黄瓜 PS I 与 PS II 的光抑制研究[J]. 中国农业科学,2009,42(12):4288-4293.

[6] 付春霞,张元珍,王衍安,等. 缺锌胁迫对苹果叶片光合速率及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(18):3826-3833.

[7] 缴丽莉,路丙社,周如久,等. 遮光对青榨槭光合速率及叶绿素荧光参数的影响[J]. 园艺学报,2007,34(1):173-178.

[8] 张光飞,欧阳志勤,苏文华. 生境光强对云南金钱槭幼苗生长及光合速率的影响[J]. 湖北农业科学,2009,48(11):2780-2782.

[9] 金 鑫,胡万良,丁 磊,等. 遮荫对红松幼苗生长及光合特性的影响[J]. 东北林业大学学报,2009,37(9):12-13.

[10] 张 昆,万勇善,刘风珍. 苗期弱光对花生光合特性的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(1):65-71.