

文章编号: 1000-1638(2004)01-0070-07

热带雨林蒲桃属三个树种的幼苗 由遮荫转入强光后叶片的光抑制*

齐 欣, 蔡志全

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303)

摘要: 以热带雨林蒲桃属(*Syzygium*) 不同演替阶段的 3 个树种思茅蒲桃(早期)、乌墨(中期)和阔叶蒲桃(后期)作为材料, 通过测定在自然光和两种遮荫条件下(14% 和 42% 自然光)的光合能力(P_{\max})和色素含量, 以及两种遮荫条件下 3 个树种移至全自然光下处理 1 d, 研究它们叶片叶绿素荧光参数的日变化。结果表明, 全光下思茅蒲桃和乌墨幼苗的 P_{\max} 比遮荫条件下的显著提高, 阔叶蒲桃幼苗的光合能力却显著降低, 并显著低于其它 2 个树种。全光下 3 个树种的 Car 含量和 Car/Chl 均高于生长在遮荫条件下同种植物, 不同光强下阔叶蒲桃的 Car/Chl 高于乌墨和思茅蒲桃。一天中, 全光下 3 个树种的 F_o 一直上升, F_v/F_m 下降, 但在傍晚能够恢复到清晨的值, 表明全光下 3 个树种通过 PS 反应中心的可逆失活有效地防御了光破坏。而遮荫的 3 个树种转入全光后, F_o 一直上升, F_v/F_m 下降程度较大, 在傍晚仍不能恢复, 表明发生了光合机构的光破坏。虽然阔叶蒲桃的 Car/Chl 高于乌墨和思茅蒲桃, 由遮荫转入强光后 NPQ 也上升较快, 但其光合能力较低, 一天中热耗散能力的增强仍不能有效消耗过剩的光能, 导致对强光敏感, 光抑制程度较乌墨和思茅蒲桃重, 这与其耐荫性和演替状态是一致的。

关键词: 热带雨林; 树苗; 光抑制; 热耗散; 蒲桃属

中图分类号: Q945.11 **文献标识码:** A

在热带雨林的演替过程中, 光是最重要的生态因子之一。林下光环境的时空分布是与林窗的形成及其结构相联系的。林窗形成导致光强剧增^[1], 使原来生长于林下的植物突然暴露于强光之下, 引起植物光化学效率的降低, 造成光合作用的光抑制, 甚至光合器官的光破坏^[2,3]。强光下植物能否适应, 对其在森林中的分布模式、更新策略以及森林演替动态等都是非常重要的^[4]。光抑制的发生可能是光合机构遭受过量光能破坏的结果^[5], 也可能是光合机构免受光破坏的保护性反应^[6]。叶片热耗散能力与类胡萝卜素含量及其组分密切相关^[7,8], 强光下生长的植物叶片类胡萝卜素含量增加^[9]。森林不同演替阶段植物的耐荫性和对林窗形成后光强增加的反应不同^[10]。热带雨林演替后期树种一般比演替中期和早期树种更耐荫。与阳生植物和阳生叶相比, 阴生植物和阴生叶的捕光能力较强, 光合能力较低^[11], 因此对光抑制特别敏感^[6]。本文选择西双版纳热带雨林蒲桃属中亲缘关系相近的 3 个不同演替阶段的树种, 比较研究生长在遮荫条件下的植物移至全自然光下后其光抑制特征和光破坏防御策略, 主要关注: 不同演替阶段树种的光抑制特征及程度是否不同, 是否与其演替状态一致。

1 材料与方法

1.1 研究地区自然概况

实验在中国科学院西双版纳热带植物园(21°41' N, 101°25' E, 海拔 580 m) 进行。该地区属于北热

* 收稿日期: 2003-05-08

基金项目: 中国科学院“百人计划”项目资助

作者简介: 齐欣(1978-), 女(回族), 内蒙古呼和浩特人, 硕士。

带西南季风气候, 一年中有明显的雨季(5 月~10 月)和干季(11 月~4 月)之分, 年平均降雨量为 1500~1600 mm, 降雨多集中在雨季, 占全年降雨量的 85%, 年平均相对湿度 85%, 年平均气温 21.7℃。

1.2 实验材料 with 处理

蒲桃属(*Syzygium*)是西双版纳热带雨林中的主要属, 在西双版纳地区有 25 种, 多分布于热带雨林的中、下层^[2]。本研究选择蒲桃属三个树种, 阔叶蒲桃(*Syzygium latilimbum* Merr. et Perry)、乌墨(*Syzygium cumini* (linn.) Skeels)和思茅蒲桃(*Syzygium szemaense* Merr. et Perry)。阔叶蒲桃为湿性季节雨林演替后期种, 幼苗喜荫。乌墨为季节雨林演替中期种, 幼苗多分布在林窗和林缘。思茅蒲桃分布在次生林和山地常绿阔叶林中, 多出现在森林演替的早期, 幼苗喜光。实验在用黑色尼龙网眼布遮荫的大棚和全自然光照下进行。于 7 月的一个晴天用与 LI-1400 数据采集器(LI-COR, Inc, USA)相连的光量子探头测定全光照和 2 个荫棚内的光强, 每隔 1 min 自动记录 1 次。测得一天中全光照的总光强为 40 mol m⁻² d⁻¹, 中午(14:00—14:30)最高光强可高达 2300 μmol m⁻² s⁻¹(图 1)。一天中 2 个荫棚内的总光强与全光照的总光强相比, 得出 2 个遮光处理的光强分别为全自然光照的 42% 和 14%。

2001 年 11 月从西双版纳季节雨林下挖掘带土的供试植物 1~2 年生健康野生幼苗, 种植在内径 30 cm、深 23 cm、容积约 15 L 的花盆中, 每盆 1 株, 土壤为林内 10 cm 以上表土。幼苗在 14% 自然光下的荫棚中生长 2 个月后, 选取大小一致长势良好的幼苗随机分成 3 组, 每组各 10~20 盆, 分别放在光强为 42%、14% 的荫棚中和全光照下, 盆间保持一定距离, 避免相互遮荫。常规水肥和病虫管理, 随时除草。2002 年 7 月开始测定各参数。

1.2 叶片气体交换参数的测定

用 Li-6400 便携式光合作用系统(LI-COR, Inc, USA)测定叶片的净光合速率(P_n), 使用开放气路, 空气流速为 0.5 L·min⁻¹, 叶片温度 25℃, 叶室中相对湿度 70%~75%, CO₂ 浓度 360 μmol·mol⁻¹。测定时光强由强到弱, 依次设定光量子通量密度(PFD)为 1500、1000、800、500、300、250、200、150、100、50、20、0 μmol·m⁻²·s⁻¹, 每一光强下停留 200 s。测定前叶片在光合作用饱和光强下诱导 30 min, 叶片与光源之间具 8 cm 厚的流动隔热水层, 以减少叶片升温。依据 Bassman 和 Zwier^[3]的方法, 计算最大净光合速率(P_{max}), 即光合能力。

1.3 叶绿素荧光参数的测定

于雨季的一个晴天将生长在两种遮荫条件下(14% 和 42% 自然光)的蒲桃属 3 个树种幼苗移至全自然光下, 分别以生长在全自然光下的同种植物作为对照, 于当日从清晨开始每隔 90 min 测定 1 次。叶片暗适应 15 min 后用弱测量光测定初始荧光(F₀), 随后给一个强闪光(5 000 μmol m⁻² s⁻¹, 脉冲时间 0.7 s)测得最大荧光(F_m)。以自然光为作用光, 测得自然光下的荧光值(F); 再加上一个强闪光(5 000 μmol m⁻² s⁻¹, 脉冲时间 0.7 s)后荧光上升到能化类囊体最大荧光(F_m); 用黑布遮盖叶片暗适应 15 s 后, 打开远红光, 5 s 后测得能化类囊体最小荧光(F₀)。光系统(PS)最大光能转换效率 F_v/F_m = (F_m - F₀)/F_m, 非光化学猝灭系数 NPQ = (F_m - F_m)/F_m 由 Stern-Volmer 方程推算出。

©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

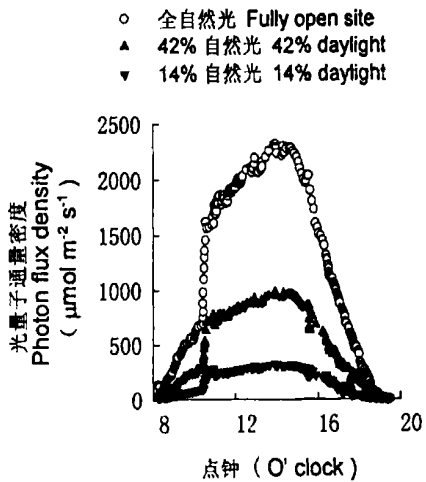


图 1 7 月典型晴天的太阳光强和两个荫棚内的光强日变化
Fig.1 The diurnal fluctuation of photon flux density in the open site and two shadehouses on a typical sun-day in July

1. 4 叶片类胡萝卜素含量的测定

在成熟叶片中部用一定面积的打孔器取 5 个叶圆片, 96% 乙醇提取, 665 nm、649 nm 和 470 nm 测定吸光值, 计算叶片叶绿素和类胡萝卜素含量.

测定时选取不同处理植株成熟叶片为测定叶, 每一处理重复 3~5 株. 各参数均以平均值加减 1 个标准误表示. 用 t -检验不同处理之间的差异, $P > 0.05$, 差异不显著, $P < 0.05$, 差异显著.

2 结果与分析

2. 1 生长在不同光强下蒲桃属三个树种幼苗的光合能力和色素含量

思茅蒲桃幼苗的 P_{max} 随生长光强的增加而提高, 全光下生长幼苗的 P_{max} 比 14% 光强下提高了 91% (表 1). 生长在 42% 和全光下乌墨幼苗的 P_{max} 差异不显著, 但均显著高于 14% 光强下的值(表 1). 不同生长光强下阔叶蒲桃幼苗的 P_{max} 以全光下的值最低(表 1). 除生长在 42% 光强下思茅蒲桃和乌墨幼苗的 P_{max} 差异不显著外, 相同生长光强下思茅蒲桃幼苗的 P_{max} 均显著高于其它 2 种植物, 例如全光下思茅蒲桃幼苗的 P_{max} 分别为乌墨和阔叶蒲桃的 2 倍和 5. 5 倍(表 1).

表 1 不同生长光强下 (100%, 42% 和 14% 自然光) 蒲桃属三个树种幼苗叶片的最大净光合速率($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$)

Table 1 Maximal net photosynthetic rate of the seedlings of three *Syzygium* species grown under three different light regimes (100%, 42% and 14% daylight)

树 种	生长光强		
	100%	42%	14%
阔叶蒲桃 <i>S. latilimbum</i>	3. 36 \pm 0. 19 A, a	6. 37 \pm 0. 55 B, a	4. 37 \pm 0. 16 C, a
乌墨 <i>S. cumini</i>	9. 39 \pm 0. 77 A, b	9. 31 \pm 0. 79 A, b	6. 18 \pm 0. 06 B, b
思茅蒲桃 <i>S. szemaense</i>	18. 55 \pm 0. 33 A, c	11. 59 \pm 0. 88 B, b	9. 69 \pm 0. 55 B, c

注 数据为平均值士标准误($n=3\sim5$), 不同大写字母表示相同树种在不同光照处理之间具有显著性差异($P<0.05$), 不同小写字母表示在相同光照处理中不同树种之间具有显著性差异 ($P<0.05$)

全光下 3 个树种叶片的类胡萝卜素(Car) 含量和类胡萝卜素与叶绿素含量之比(Car/Chl) 均高于生长在两种遮荫条件下同种植物的值(表 2). 除生长在 14% 光强下乌墨幼苗的 Car 含量显著低于生长在相同光强下阔叶蒲桃和思茅蒲桃的值外, 相同光强下生长的 3 个树种的 Car 含量差异不显著(表 2). 相同光强下生长的乌墨和思茅蒲桃幼苗的 Car/Chl 差异不显著, 但均显著低于阔叶蒲桃的值(表 2).

表 2 不同光强下(100%, 42% 和 14% 自然光) 生长的三种蒲桃属树苗叶片类胡萝卜素(Car) 含量和类胡萝卜素与叶绿素含量之比(Car/Chl)

Table 2 Carotenoid (Car) content and carotenoid content per unit chlorophyll(CarChl)

for the seedlings of three *Syzygium* species grown under different light regimes(100%, 42% and 14% daylight)

树 种	参 数	生长光强(daylight percent)		
		100%	42%	14%
阔叶蒲桃 <i>S. latilimbum</i>	Car (mmol / m^2)	0. 0266 \pm 0. 0008A, a	0. 0231 \pm 0. 0015A, a	0. 0188 \pm 0. 0025A, a
	Car/Chl ($\text{mmol} / \text{mmol}$)	0. 2616 \pm 0. 0102A, a	0. 2214 \pm 0. 0079B, a	0. 2138 \pm 0. 0040B, a
乌墨 <i>S. cumini</i>	Car (mmol / m^2)	0. 0249 \pm 0. 0009A, a	0. 0197 \pm 0. 0009B, a	0. 0171 \pm 0. 0003C, b
	Car/Chl ($\text{mmol} / \text{mmol}$)	0. 2079 \pm 0. 0106A, b	0. 1839 \pm 0. 0096A, b	0. 1627 \pm 0. 0006B, b
思茅蒲桃 <i>S. szemaense</i>	Car (mmol / m^2)	0. 0310 \pm 0. 0025A, a	0. 0210 \pm 0. 0014B, a	0. 0229 \pm 0. 0017B, a
	Car/Chl ($\text{mmol} / \text{mmol}$)	0. 2145 \pm 0. 0030A, b	0. 1897 \pm 0. 0056B, b	0. 1699 \pm 0. 0122B, b

注 同表 1. See table 1.

2. 2 蒲桃属三个树种幼苗由遮荫转入强光后叶片光抑制的特征

生长在全光下及由遮荫转入全光的 3 个树种, 随日间光强升高, F_v/F_m 逐渐降低, 下午 16: 00 左右 2 种遮荫条件下的阔叶蒲桃以及 14% 光强下的乌墨和思茅蒲桃幼苗的 F_v/F_m 降到最低点, 之后

随光强的减弱 F_v/F_m 缓慢回升(图 2). 与全光下 3 个树种 F_v/F_m 的日变化相比, 遮荫的同种植物转入强光后 F_v/F_m 随日间光强增加降幅较大, 最低值较低, 恢复较慢(图 2). 表明阔叶蒲桃日间光抑制程度较重.

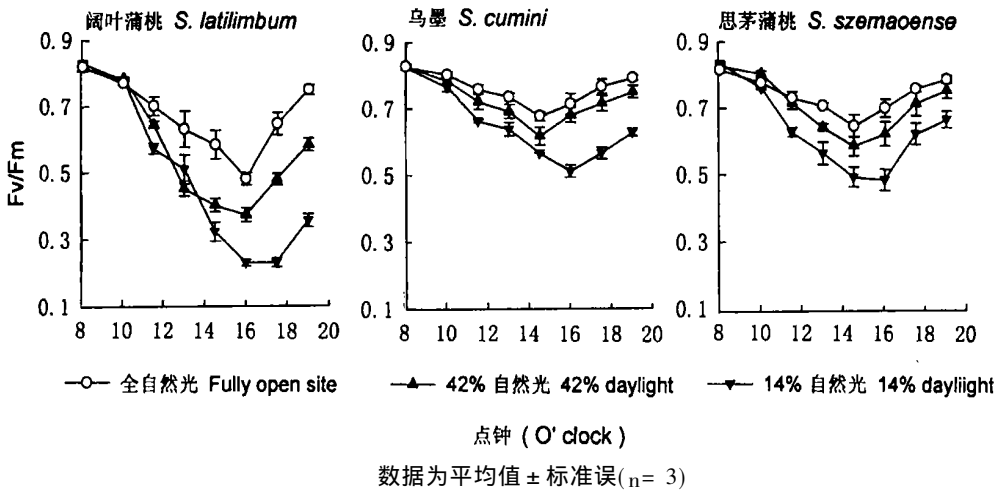


图 2 两种遮荫条件下(42% 和 14% 自然光)的蒲桃属三个树种幼苗移至全自然光下
光系统 最大光能转换效率(F_v/F_m)的日变化

Fig. 2 The diurnal variation of maximum efficiency of PS Photochemistry(F_v / F_m) for the shaded (42%, 14% daylight) seedlings of three *Syzygium* species suddenly transferred to open site

一天中, 蒲桃属 3 个树种幼苗 F_o 的日变化趋势与 F_v/F_m 相反, 即随日间光强增加, F_o 显著升高, 之后随光强的减弱 F_o 缓慢下降. 全光下, 3 个树种的 F_o 随日间光强增加变幅较缓, 其增幅和最高值显著低于两种遮荫条件下同种植物转入全光下的值(图 3). 其中, 阔叶蒲桃幼苗的 F_o 在一天中始终处于较高水平, 且其遮荫的幼苗转入全光后, F_o 随日间光强升高而增加的幅度均显著大于乌墨和思茅蒲桃(图 3).

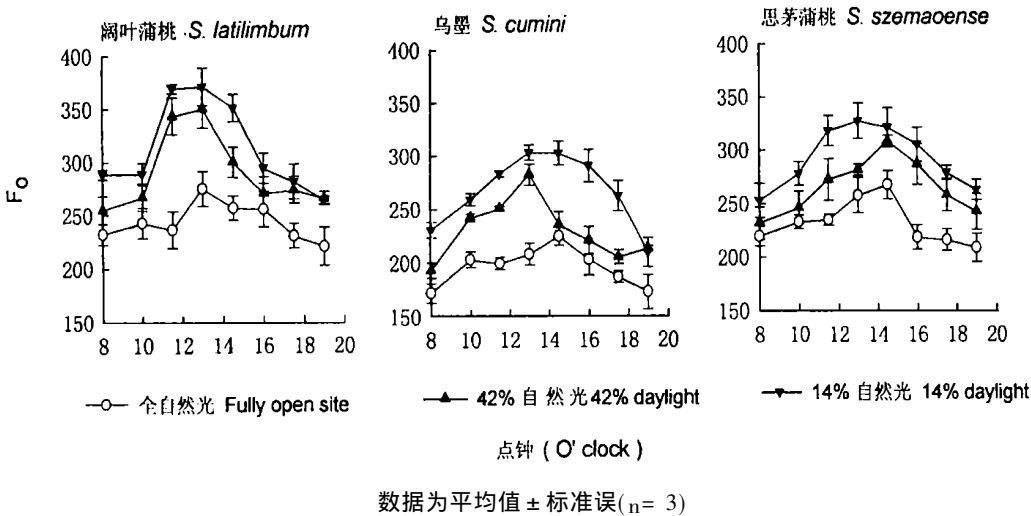


图 3 两种遮荫条件下(42% 和 14% 自然光)的蒲桃属三个树种幼苗移至全自然光下初始荧光(F_o)的日变化

Fig. 3 The diurnal variation of minimal fluorescence(F_o) for the shaded (42%, 14% daylight) seedlings of three *Syzygium* species suddenly transferred to open site

2. 3 蒲桃属三个种树种幼苗由遮荫转入强光后叶片的热耗散

由图 4 可见, 将生长在两种遮荫条件下的蒲桃属 3 个树种移至全光下处理的当日, 随日间光强增加, NPQ 逐渐升高, 午间光强最强时达到最高点, 但在一天中均低于生长在全自然光下同种植物的值(图 4). 阔叶蒲桃幼苗的 NPQ 在一天中始终处于较高水平, 且其遮荫的幼苗转入全光后, NPQ 随白

间光强升高而增加的幅度均大于乌墨和思茅蒲桃(图 4)。

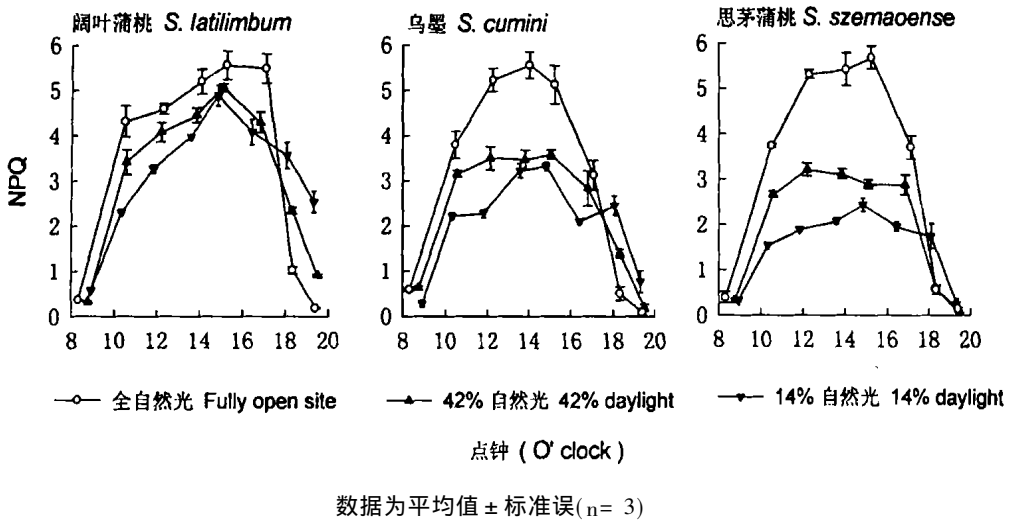


图 4 两种遮荫条件下(42%和14%自然光)的蒲桃属三个树种移至全自然光下非光化学猝灭系数(NPQ)的日变化
Fig. 4 The diurnal variation of non-photochemical quenching efficiency(NPQ) for the shaded (42%, 14% daylight) seedlings of three *Syzygium* species suddenly transferred to open site

3 讨论

全光下思茅蒲桃和乌墨幼苗的光合能力(P_{max})比遮荫条件下的显著提高,阔叶蒲桃幼苗的光合能力却显著降低,并显著低于其它2种植物(表1).表明思茅蒲桃和乌墨对强光的利用能力较强,而阔叶蒲桃不能很好地利用强光.类胡萝卜素(Car)可耗散过剩光能,清除活性氧^[7],从而保护光合机构,而其中起主要作用的成分是叶黄素. Car/Chl 反映植物光能吸收和光保护的关系,胁迫时植物能通过增加光合色素中类胡萝卜素的比例来防止光合机构的光破坏^[5].全光下3个树种的 Car 含量和 Car/Chl 均高于生长在遮荫条件下同种植物,保护功能较强(表2).不同光强下阔叶蒲桃的 Car/Chl 高于乌墨和思茅蒲桃(表2),表明演替后期树种阔叶蒲桃的相对保护功能比演替中期和早期树种强.

F_v/F_m 降低是光合作用光抑制的显著特征之一^[6],常用来判断发生光抑制的标准^[6]. F_v/F_m 的日变化显示生长在全光下及由遮荫转入全光下处理的蒲桃属3个树种当日均发生了光合作用的光抑制,遮荫幼苗转入全自然光后的日间光抑制程度明显重于生长在全光下的同种植物(图2). F_o 的变化受多种因素的影响,叶黄素循环使其降低^[6,17],PS 反应中心的可逆失活或破坏使其升高^[8,19].当多种因素同时存在时, F_o 的变化方向取决于占优势的因素^[8].全光下,3个树种 F_o 虽然有所升高,但日变化幅度较小(图3),且其 F_v/F_m 的值在光强较弱时恢复很快,清晨时的 F_v/F_m 大于0.8,日落时 F_v/F_m 基本恢复到清晨时的值(图2),表明光合机构可能发生可逆失活,而没有光破坏.失活而未破坏的PS 反应中心可作为激发能的猝灭器而耗散多余的光能^[20],从而保护反应中心免遭光破坏,可能是PS 功能“下调”以避免反应中心过度破坏的结果^[9].但遮荫的3个树种转入全光后,随日间光强增加, F_v/F_m 下降幅度较大,最低值较低,日落时仍未恢复到清晨的水平(图2), F_o 而显著持续地升高且恢复较慢(图3),说明发生了光合机构的光破坏.

依赖叶黄素循环的非辐射能量耗散的增加是大多数高等植物防御光破坏的主要保护机制^[6,16].叶绿素荧光检测的非光化学猝灭(NPQ)与叶黄素循环中玉米黄质的含量密切相关,与非辐射能量耗散速度常数成比例^[21,22].遮荫的3个树种移至全光下处理的当日,NPQ 随日间光强增加而升高(图4),表明通过热耗散消耗光能的能力逐渐增强,但均低于同种植物在全光下的值,说明植物热耗散能力是长期适应的结果.

综上所述,全光下蒲桃属3个树种通过热耗散和PS 反应中心的可逆失活有效地防御了光破

坏,而遮荫的 3 个树种转入全光后均发生了光合机构的光破坏. 与乌墨和思茅蒲桃相比, 遮荫的阔叶蒲桃转入强光后 F_v/F_m 随日间光强增加而降低的幅度较大, F_o 上升的幅度较高, 尽管其 Car/Chl 高, NPQ 随日间光强升高增加的比例大, 但其光合能力较低, 吸收的不能用于光合作用的过剩光能较多, 热耗散能力的增强仍不能有效耗散过剩光能, 导致日间光抑制程度较乌墨和思茅蒲桃重, 表明演替后期树种阔叶蒲桃对光抑制敏感, 受强光的破坏性较重, 这与阔叶蒲桃的耐荫性和演替状态是一致的.

参考文献:

[1] Chazdon RL, Fetcher N. Photosynthetic light environments in a low land tropical rain forest in Costa Rica [J]. *J Ecol*, 1984, **72**: 553 ~ 564.

[2] Long SP, Humphries S, Folkowski PG. Photoinhibition of photosynthesis in nature [J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1994, **45**: 633 ~ 662.

[3] Osmond CB. What is photoinhibition? Some insights from comparitions of sun and shade plants. In: Baker NR, Bowyer JB (eds) . Photoinhibition of Photosynthesis: from Molecular Mechanisms to the Field [M]. Oxford: Bios Scientific Publishers Ltd, 1994.

[4] Ishida A, Toma T, Marjenah. Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in relation to leaf angle, azimuth, and canopy position in the tropical pioneer tree, *Macaranga conifera* [J]. *Tree Physiol*, 1999, **19**: 117 ~ 124.

[5] Baker NR. A possible role for photosystem in environmental perturbations of photosynthesis [J]. *Physiol Plant*, 1991, **81**: 563 ~ 573.

[6] Demmig-Adams B, Adams WW III. Carotenoid composition in sun and shade leaves of plants with different life forms [J]. *Plant Cell Environ*, 1992, **15**: 411 ~ 419.

[7] Bungard RA, Ruban AV, Hibberd JM, *et al.* . Unusual carotenoid composition and a new type of xanthophylls cycle in plants [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1999, **96**: 1135 ~ 1139.

[8] Niyogi KK, Bj Ö rkman O, Grossman AR. Chlamydomonas xanthophylls cycle mutants identified by video imaging of chlorophyll fluorescence quenching [J]. *Plant Cell*, 1997, **9**: 1369 ~ 1380.

[9] Adams WW , Demmig-Adams B, Logan BA, *et al.* . Rapid changes in xanthophylls cycle-dependent energy dissipation and photosystem efficiency in two vines, *Stephania japonica* and *Smilax australis*, growing in the understory of an open Eucalyptus forest [J]. *Plant Cell Environ*, 1999, **22**: 125 ~ 136.

[10] Kitao M, Lei TT, Koike T, *et al.* . 2000. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes [J]. *Plant Cell Environ*, **27**: 265 ~ 272.

[11] 冯玉龙, 曹坤芳, 冯志立. 生长光强对 4 种热带雨林树苗光合机构的影响 [J]. 植物生理与分子生物学学报, 2002, **28**(2): 153 ~ 160.

[12] 朱华. 西双版纳热带雨林植物区系的特点 [J]. 热带地理, 1993, **13**: 149 ~ 155.

[13] Bassman, J & Zwier JC. Gas exchange characteristics of *Populus trichocarpa*, *Populus deltoids* and *Populus trichocarpa* * *P. deltoids* clone [J]. *Tree Physiol*, 1991, **8**: 145 ~ 149.

[14] Bilger W, Bj Ö rkman O. Role of the xanthophylls cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in *Hedera canariensis* [J]. *Photosyn Res*, 1990, **25**: 173 ~ 185.

[15] Munn -Bosch S, Alegre L. The xanthophylls cycle is induced by light irrespective of water status in field-grown lavender (*Lavandula stoechas*) plants. [J]. *Physiol Plant*, 2000, **108**: 147 ~ 151.

[16] Krause GH. Photoinhibition of photosynthesis: an evaluation of damaging and protective mechanisms [J]. *Physiol Plant*, 1988, **74**: 566 ~ 574.

[17] Rintam ä ki E, Salo R, Aro EM. Turnover of D1 protein during photoinhibition and recovery in a moss *Ceratodon purpureus*. Murata N. Research in Photosynthesis. Vol. [M]. Dordrecht : Kluwer Academic Pub-

lishers, 1992.

- [18] Xu DQ, Wu S. Three phases of dark-recovery course from photoinhibition resolved by the chlorophyll fluorescence analysis in soybean leaves under field conditions [J]. *Photosynthetica*, 1996, **32**: 417 ~ 423.
- [19] Chow WS. Photoprotection and photoinhibitory damage [J]. *Adv Mol Cell Biol*, 1994, **10**: 315 ~ 326.
- [20] Crithley C, Russell AW. Photoinhibitory of photosynthesis in vivo : The role of protein turnover in photosystem [J]. *Physiol Plant*, 1994, **92**: 188 ~ 196.
- [21] 许长成, 赵世杰, 樊继莲, 等. 干旱胁迫下大豆与玉米叶片光破坏的防御 [J]. *植物生理学报*, 1998, **24**(1): 17 ~ 24.
- [22] Eickmeier WG, Casper C, Osmond CB. Chlorophyll fluorescence in the resurrection plants *Selaginella lepidophylla* (Hook & Crev) spring during high-light and desiccation stress, and evidence for zeaxanthin-associated photoprotection. [J]. *Planta*, 1993, **189**: 30 ~ 38.

(责任编辑 杨 持)

Blades Photoinhibition of Seedlings of Three Species in *Syzygium* Genus in Tropical Rainforest

QI Xin, CAI Zhi-quan

(*Xishuangbanna Tropical Botanical Garden,
Chinese Academy of Science, Mengla 666303, PRC*)

Abstract: Diurnal variation of chlorophyll fluorescence parameters of shade-grown (42% and 14% daylight) seedlings of three tropical rainforest *Syzygium* species, which are early (*Syzygium szemaoense*), middle (*Syzygium cumini*) and late (*Syzygium latilimbium*) successional species, respectively, were investigated immediately after suddenly exposed to full open site. The light saturated photosynthetic rate (P_{\max}) and carotenoid content of three *Syzygium* species grown in full open site and the shade were also determined. For *S. szemaoense* and *S. cumini* grown in the open site, P_{\max} was higher than those grown in the shade, while P_{\max} of *S. latilimbium* was lower than those grown in the shade. This indicates that *S. szemaoense* and *S. cumini* could use high light effectively, but *S. latilimbium* could not. The Car contents and Carotenoid content to chlorophyll content ratios of three *Syzygium* species grown in the open site were higher than those grown in the shade. Under their light regimes, the Car/Chl of *S. latilimbium* was higher than those of other two species. Maximal photochemical efficiency of PS (Fv/Fm) obviously decreased with the increase of diurnal light intensity for all of three species grown in both open site and the shade after exposed to full open site. This indicated that photoinhibition of photosynthesis occurred during the day. In accordance, the non-photochemical dissipation rate increased with the increase of diurnal light intensity. In the open site all of the three species were able to avoid photodamage by increasing thermal dissipation, and were not suffered from chronic photoinhibition. For all of the three species grown in the shade the minimal fluorescence (F_0) value was sharply increased after exposed to full open site, indicating that photodamage may occur. For *S. latilimbium* after exposed to open site, although its thermal dissipation rate was higher than those of other two species, its P_{\max} was low and excessive energy in leaf increased, and it could not effectively dissipate all excessive energy. So *S. latilimbium* was susceptible to photoinhibition, and its photoinhibition was more severe than other two species.

Key words: tropical rainforest; seedlings; photoinhibition; thermal dissipation; *Syzygium* genus