

银杏同一叶片不同部位叶绿素荧光特性的研究

贺立红^{1,2}, 贺立静³, 顾群⁴, 梁红¹

(1. 仲恺农业技术学院生命科学院, 广州 510225; 2. 华南农业大学园艺学院, 广州 510642;
3. 暨南大学水生生物研究中心, 广州 510632; 4. 泽泉科技有限公司, 上海 200333)

摘要: 用叶绿素荧光技术测定不同品种银杏叶片的部位叶绿素荧光参数的结果表明: ‘泰兴4号’叶片不同部位的光合能力无显著差异, ‘南雄圆子’叶片从叶柄、叶片基部、叶片中部、叶片边缘的光合能力是逐渐减弱的, ‘华口马铃’和‘广西圆子’叶柄、叶片基部、叶片中部光合能力比叶片边缘明显高。在广州的适应性较差的‘华口马铃’, 受光抑制较明显, 光合能力下降。

关键词: 银杏; 不同部位叶片; 叶绿素荧光参数
中图分类号: S641.206⁺.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2006)06-0027-03

植物光合作用是将光能转化为化学能, 在光能的吸收、传递和转换过程中, 叶绿体色素起着关键作用。植物体内的叶绿素被光激发后会产生荧光现象。叶绿素的荧光动力学是研究植物光合作用原初反应的有效手段。享有植物活化石之称的银杏具有观赏价值、食用价值、药用价值等多种功能, 研究银杏的生长发育使之更好地服务于人类具有深远的意义^[4,7]。广东省夏季光照强烈, 对引种到广州的银杏很容易产生光抑制, 现以四种不同形状叶片银杏为试验材料, 通过分析不同品种银杏叶片相同部位和同一品种银杏叶片不同部位的叶绿素荧光动力学参数, 为银杏优良品种的筛选和优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

试验材料为银杏(*Ginkgo biloba* L.), 品种为: ‘南雄圆子’(引自广东南雄市坪田镇) 、 ‘广西圆子’(引自广西植物研究所) 、 ‘华口马铃’(引自广西植物研究所) 、 ‘泰兴4号’(引自江苏泰兴市), 以上材料均于2001年春嫁接于广东省仲恺农业技术学院银杏圃内。试验于2005年8月进行, 试验材料为生长健壮的植株主枝上的成熟叶片, 重复3次。

用Maxi-Imaging-PAM(WALZ, 德国)测量银杏成熟功能叶全叶片叶绿素荧光成像。利用Maxi-Imaging-PAM的功能, 可以选择叶片不同部位作为测定区域, 从而得到银杏叶柄、叶片基部、叶片中部、叶片边缘等银杏叶不同部位的叶

素荧光参数。测定前叶片于暗中适应15 min, 先照射测量光($< 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)测初始荧光 F_0 , 再照射饱和脉冲($2800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)测最大荧光 F_m 。打开持续5 min的光化光($110 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)诱导荧光动力学, 并每隔20 s打开饱和脉冲测量光适应下的最大荧光(F_m')。充分暗适应的PSII最大光化学效率或原初光能转换效率(F_v/F_m)、光化学猝灭(q_P , photochemical quenching)、非光化学猝灭(q_N , non-photochemical quenching)、PSII非环式电子传递量子效率(Φ_{PSII})、PSII的非循环光合电子传递速率(ETR)由仪器自动给出。所有指标测定均重复3次, 结果取平均值±标准误差。

2 试验结果

2.1 银杏叶片不同部位叶绿素荧光参数的差异

2.1.1 q_N 的差异 q_N 指非光化学猝灭(耗散性的荧光猝灭), 也称非辐射能量耗散, 反映了植物耗散过剩光能(有害)为热(无害)的能力, 热耗散可以防御光抑制的破坏, 对光合机构起自我保护作用^[9]。实验发现‘泰兴4号’、‘南雄圆子’、‘广西圆子’不同部位 q_N 存在一定的差异。‘泰兴4号’叶片边缘>叶柄、叶片基部; ‘南雄圆子’叶片边缘>叶柄>叶片基部; ‘广西圆子’叶片边缘>叶柄、叶片中部、叶片基部。表明叶片边缘耗散过剩光能为热的能力(光保护能力)最强。‘华口马铃’叶片不同部位 q_N 没有明显差异(表1)。

表1 不同品种银杏叶片相同部位和同一品种银杏叶片不同部位 q_N 的比较

品种	叶片部位			
	边缘	中部	基部	叶柄
‘泰兴4号’	0.716±0.062a	0.612±0.064aA	0.573±0.030aB	0.588±0.065aB
‘华口马铃’	0.620±0.106a	0.464±0.244a	0.416±0.195a	0.456±0.037a
‘南雄圆子’	0.644±0.049a	0.588±0.041aA	0.556±0.035aB	0.475±0.008aC
‘广西圆子’	0.743±0.042a	0.582±0.032aB	0.550±0.037aB	0.584±0.048aB

* 表1中同一列数字后不同小写字母和同一行数字后不同大写字母表示在0.05水平上差异显著, 下表同此。

2.1.2 q_P 的差异 q_P 指光化学猝灭, 即由光合作用(光化学能量转换)引起的荧光猝灭, 反映了PSII所捕获的光能转化为化学能的效率, 即反映了光合活性的高低。光化学猝灭系



第一作者简介: 贺立红, 女, 1970年生, 1993年毕业于河北师范大学生物系, 获学士学位, 2002年毕业于华南师范大学生命科学学院, 获硕士学位, 毕业后一直在仲恺农业技术学院从事教学和科研工作, 主要从事植物生理、植物与微生物互作方面的研究, 2005年考入华南农业大学园艺学院攻读博士学位, 主要从事果品采后生理及分子生物学方面的研究, 参加多项课题研究, 在全国各级期刊杂志发表研究论文20多篇。

* 基金项目: 广东省“十五科技百项重大课题”(99B05903X)、仲恺农业技术学院科研基金(G3051314)、泽泉科技基金资助。

收稿日期: 2006-06-14

数 q_P 愈大, PS II 的电子传递活性愈大^[2-3]。试验发现‘华口马铃’、‘广西圆子’不同部位 q_P 存在一定的差异。‘华口马铃’叶柄>叶片边缘;‘广西圆子’叶片中部、叶片基部>叶片边缘。表明叶片边缘光合活性比较低。‘泰兴4号’、‘南雄圆子’叶片不同部位 q_P 没有明显差异(表2)。

表2 不同品种银杏叶片相同部位和同一品种银杏叶片不同部位 q_P 的比较

品种	叶片部位			
	边缘	中部	基部	叶柄
‘泰兴4号’	0.770±0.043aA	0.762±0.053aA	0.768±0.040aA	0.766±0.045abA
‘华口马铃’	0.632±0.046bB	0.655±0.056bAB	0.680±0.026bAB	0.725±0.028bA
‘南雄圆子’	0.761±0.025abA	0.761±0.046aA	0.770±0.060aA	0.820±0.038aA
‘广西圆子’	0.698±0.023bcB	0.779±0.012aA	0.778±0.018aA	0.755±0.057abAB

2.1.3 Fv/Fm 的差异 Fv/Fm 指 PS II 的最大光化学量子产量, 高等植物一般在 0.8~0.84 之间, 它的变化代表 PS II 光化学效率的变化, 当植物受到胁迫(stress)时, Fv/Fm 显著下降。如, 5℃低温胁迫导致番茄叶片 Fv/Fm 下降^[2], 念珠藻葛仙米藻体在失去总水分的 94% 以后 Fv/Fm 开始下降^[3]。Fv/Fm 降低常用来判断植物是否受到了光抑制^[3], 比值越高说明其发生光抑制的程度越低。试验发现‘泰兴4号’、‘南雄圆子’、‘广西圆子’不同部位 Fv/Fm 存在一定的差异。‘泰兴4号’叶片基部、叶片中部、叶柄>叶片边缘;‘南雄圆子’叶片基部、叶片中部>叶片边缘;‘广西圆子’叶片基部、叶片中部>叶柄、叶片边缘。表明银杏叶片基部、叶片中部受光抑制程度较低, 而叶片边缘受到了强光抑制, 光抑制程度较高。‘华口马铃’叶片不同部位 Fv/Fm 没有明显差异(表3)。

表3 不同品种银杏叶片相同部位和同一品种银杏叶片不同部位 Fv/Fm 的比较

品种	叶片部位			
	边缘	中部	基部	叶柄
‘泰兴4号’	0.796±0.012aB	0.820±0.004aA	0.827±0.000aA	0.820±0.008aA
‘华口马铃’	0.749±0.030bA	0.793±0.046aA	0.796±0.048aA	0.782±0.029bA
‘南雄圆子’	0.794±0.017aB	0.817±0.006aA	0.819±0.005aA	0.801±0.005abAB
‘广西圆子’	0.811±0.007aB	0.838±0.009aA	0.838±0.002aA	0.821±0.006aB

2.1.4 Φ_{PSII} 的差异 PS II 光化学能量转换的有效量子产量(Φ_{PSII})反映 PS II 反应中心部分关闭情况下的实际 PS II 光能捕获的效率, 是 PS II 实际光化学效率(Genty 等 1989)。试验发现‘华口马铃’、‘南雄圆子’、‘广西圆子’不同部位 Φ_{PSII} 存在一定的差异。‘华口马铃’叶柄、叶片基部、叶片中部>叶片边缘;‘南雄圆子’叶柄>叶片边缘;‘广西圆子’叶片基部、叶片中部、叶柄>叶片边缘。表明叶片边缘实际光化学效率低于叶片其它部位。‘泰兴4号’叶片不同部位 Φ_{PSII} 没有差异(表4)。

表4 不同品种银杏叶片相同部位和同一品种银杏叶片不同部位 Φ_{PSII} 的比较

品种	叶片部位			
	边缘	中部	基部	叶柄
‘泰兴4号’	0.467±0.057aA	0.523±0.057abA	0.548±0.035abA	0.532±0.054aA
‘华口马铃’	0.378±0.027bB	0.457±0.054bA	0.488±0.028bA	0.505±0.049aA
‘南雄圆子’	0.486±0.032abB	0.526±0.025abAB	0.542±0.045abAB	0.584±0.030aA
‘广西圆子’	0.424±0.038abB	0.561±0.024aA	0.569±0.023aA	0.527±0.057aA

2.1.5 ETR 的差异 PS II 的非循环光合电子传递速率(ETR)反映实际光强条件下的表观电子传递效率。试验发现

‘华口马铃’、‘南雄圆子’、‘广西圆子’不同部位 ETR 存在一定的差异。‘华口马铃’叶柄、叶片基部、叶片中部>叶片边缘;‘南雄圆子’叶柄>叶片边缘;‘广西圆子’叶片基部、叶片中部、叶柄>叶片边缘。与 Φ_{PSII} 测量的结果完全一致。表明叶片边缘实际光强条件下的表观电子传递效率也低于叶片其它部位。‘泰兴4号’叶片不同部位 ETR 没有明显差异(表5)。

表5 不同品种银杏叶片相同部位和同一品种银杏叶片不同部位 ETR 的比较

品种	叶片部位			
	边缘	中部	基部	叶柄
‘泰兴4号’	21.767±2.618aA	24.367±2.676abA	25.533±1.626abA	24.800±2.476aA
‘华口马铃’	17.889±1.243bB	21.300±2.551bA	22.733±1.305bA	23.533±2.274aA
‘南雄圆子’	22.656±1.470abB	24.500±1.179abAB	25.267±2.113abAB	27.200±1.418aA
‘广西圆子’	19.789±1.765abB	26.133±1.060aA	26.533±1.060aA	24.567±2.663aA

2.2 不同品种银杏叶片相同部位叶绿素荧光参数的比较

2.2.1 q_N 的差异 4种银杏的叶片边缘 q_N 差异不显著, 叶片中部、叶片基部差异也不显著;‘泰兴4号’、‘广西圆子’叶柄的 q_N >‘华口马铃’、‘南雄圆子’叶柄的 q_N , 而叶片中部和基部的 q_N 也是‘泰兴4号’较高(表1)。

2.2.2 q_P 的差异 4种银杏叶片的相同部位 q_P 存在差异, 叶片边缘‘泰兴4号’>‘广西圆子’、‘华口马铃’;‘南雄圆子’>‘华口马铃’。叶片中部‘广西圆子’、‘泰兴4号’、‘南雄圆子’>‘华口马铃’。叶片基部‘广西圆子’、‘泰兴4号’、‘南雄圆子’>‘华口马铃’。叶柄‘南雄圆子’>‘华口马铃’(表2)。

2.2.3 Fv/Fm 的差异 4种银杏叶片的叶片边缘 Fv/Fm 存在差异, 叶柄 Fv/Fm 存在差异, 其它部位差异不显著。叶片边缘‘广西圆子’、‘泰兴4号’、‘南雄圆子’>‘华口马铃’。叶柄‘广西圆子’、‘泰兴4号’>‘华口马铃’(表3)。

2.2.4 Φ_{PSII} 和 ETR 的差异 4种银杏叶片的叶柄 Φ_{PSII} 差异不显著, 其它部位存在差异。叶片边缘‘南雄圆子’、‘泰兴4号’>‘华口马铃’。叶片中部‘广西圆子’>‘华口马铃’。叶片基部‘广西圆子’>‘华口马铃’(表4)。4种银杏叶片的相同部位 ETR 差异与 Φ_{PSII} 的试验结果一致(表5)。

3 讨论

通过测定4种不同形状银杏叶片不同部位的叶绿素荧光参数发现,‘泰兴4号’具有较强的光合能力, 虽然其叶片边缘受到强光抑制, 导致热耗散增加, 但最终并没有导致叶片边缘部分 q_P 、 Φ_{PSII} 、ETR 与叶片其它部位的差异, 叶片边缘部位与叶片其它部位具有同样的光合能力。这些结果, 也预示着‘泰兴4号’可能有较强的耐热性。‘华口马铃’虽然整个叶片不会出现 Fv/Fm 的差异, 但是其自身不同部位光合能力存在一定的差异, 叶柄、叶片基部、叶片中部明显高于叶片边缘。‘南雄圆子’叶片边缘受到强光抑制, 导致热耗散增加, 虽然由光化学能量转换引起的荧光猝灭并没有降低, 但由于热耗散增加最终还是导致了光合能力(Φ_{PSII} 、ETR)的降低。‘南雄圆子’叶片边缘光合能力的降低与‘华口马铃’叶片边缘光合能力的降低不同,‘南雄圆子’叶片边缘光合能力与叶片中部、叶片基部光合能力差异并不显著, 而叶片中部、叶片基部光合能力与叶柄光合能力差异也不显著, 说明从叶柄、叶片基部、叶

片中部、叶片边缘光合能力是逐渐减弱的。‘广西圆子’叶柄、叶片边缘受到了光抑制。叶片边缘热耗散大于叶片其它部位,以保护叶片边缘,防止光破坏。叶片中部、叶片基部用于光化学能量转换引起的荧光猝灭大于叶片其它部位,虽然叶柄 F_v/F_m 低于叶片基部、叶片中部,但由于叶柄耗散过剩光能、用于光化学能量转换引起的荧光猝灭与叶片中部和叶片基部不存在显著差异,所以最终表现为叶片基部、叶片中部、叶柄光化学能量转换的有效量子产量和实际光强条件下的表观电子传递效率高于叶片边缘,即叶片边缘的光合能力低于叶片其它部位。这些结果,也预示着‘广西圆子’边缘的耐热性较差,这与其在广州盛夏叶片边缘容易变黄或干枯是一致的。

通过比较不同品种银杏叶片相同部位叶绿素荧光参数发现 4 种银杏叶片的 q_N 只有叶柄差异显著,‘泰兴 4 号’、‘广西圆子’ > ‘华口马铃’、‘南雄圆子’,叶柄对整个叶片的光合能力影响并不大。 q_P 在叶片边缘、叶片中部、叶片基部、叶柄均表现出了‘华口马铃’值最低。 Φ_{PSII} 、ETR 在叶片边缘、叶片中部、叶片基部也表现为‘华口马铃’值最低。表明‘华口马铃’对广州气候的适应性最差,在广州其光合能力明显降低。 F_v/F_m 在叶片边缘、叶柄表现为‘华口马铃’值最低,表明‘华口马铃’不耐热,容易受到广州夏季强光抑制。4 种引种自不同地方的银杏在广州市夏季炎热高温环境中表现出了不同的强光抑制和光合能力,推测原因有二:一方面可能与不同品种银杏叶片的形状有关,不同形状的叶片在接受光照时会形成一定的差异。从而在自身的形态结构方面形成光保护机制;另一方面可能与内在的遗传特性有关,有一些品种内在的遗

传物质决定了其能耐强光、耐热,在强光下仍然能良好地进行光合作用,但未见相关报道。在测试的 4 个不同银杏品种中,‘南雄圆子’、‘广西圆子’已经在广东省粤北、粤西山区栽培,所以在引种时可以优先考虑‘泰兴 4 号’。

致谢: 本文所采用的 Maxi-Imaging-PAM 由泽泉科技有限公司提供,在此谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 胡文海, 喻景权, 黄黎锋. 光强对番茄叶片低温光抑制恢复的影响[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38 (5): 447—449.
- [2] 胡文海, 黄黎锋, 肖宜安, 等. 夜间低温对 2 种光强下榕树叶绿素荧光的影响[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22 (1): 20—23.
- [3] 李敦海, 宋立荣, 刘永定. 念珠藻葛仙米叶绿素荧光与水分胁迫的关系[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36 (3): 502—502.
- [4] 梁红, 冯颖竹, 王英强, 等. 广东银杏资源调查初报[J]. 农业与技术, 2002, 22 (6): 75—79.
- [5] 王可玢, 许春辉, 赵福洪, 等. 水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素 a 荧光参数的影响[J]. 生物物理学报, 1997, 13 (2): 273—278.
- [6] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16 (4): 444—448.
- [7] 赵会杰, 邹琦, 于振文. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34 (3): 248—251.
- [8] Genty B, Briantais JM, Baker NR. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. Biochim Biophys Acta, 1989, 990: 87—92.
- [9] Krause GH, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1991, 43: 633—662.

Studies on the Chlorophyll Fluorescence Characteristics of Different Sites of Same Leaf in Ginkgo (*Ginkgo biloba* L.)

HE Li—Hong^{1,2}, HE Li—Jing³, GU Qun⁴, LIANG Hong^{1*}

(1. College of Life Sciences, Zhongkai College of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225; 2. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642; 3. Institute of Aquatic Ecoscience, Jinan University, Guangzhou 510632; 4. Zeal Quest Scientific Technology Co., Ltd, Shanghai 200333)

Abstract: Chlorophyll fluorescence parameters of different sites of different ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) cultivars leaves were studied by using the chlorophyll fluorescence measuring technique. The results showed that photosynthetic capability in different sites of ‘Taixing No. 4’ leaves had not significant difference; photosynthetic capability of ‘Nanxiong Yuanzi’ leaves decreased gradually from leaf stalk, leaf base, leaf midst to leaf edge; photosynthetic capability in leaf stalk, leaf base, leaf midst of ‘Huakou Maling’ and ‘Guangxi Yuanzi’ leaves were higher than that in leaf edge significantly. Comparisons of chlorophyll fluorescence parameters at the same sites of different ginkgo cultivars leaves indicated that ‘Huakou Maling’, whose compatibility in Guangzhou was the worst among four ginkgo cultivars, was easy to occur light inhibition and decrease photosynthetic capacity.

Key words: *Ginkgo biloba* L.; Different sites of leaf; Chlorophyll fluorescence parameter