

# ABA 对水稻幼苗叶片光抑制的光保护作用

阳成伟<sup>1,2</sup>, 陈贻竹<sup>1</sup>, 彭长连<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院华南植物研究所, 广东广州 510650; 2. 中山大学生命科学学院, 广东广州 510275)

**摘要:** 经 ABA 处理的水稻幼苗叶片和对照相比, PSII 光化学效率( $F_v/F_m$ )和非光化学淬灭系数( $q_N$ )显著受抑制。经高光处理 1 h 后, ABA 处理的水稻幼苗叶片光抑制程度比对照小, 这暗示 ABA 对高光光抑制具有一定的光保护作用, 且间接表明 ABA 提高水稻幼苗抗光抑制的能力与叶黄素循环密切相关。

**关键词:** 脱落酸; 光抑制; 光保护

**中图分类号:** Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)06-0534-03

## Photoprotection of abscisic acid against the photoinhibition in rice seedling leaves

YANG Cheng-wei<sup>1,2</sup>, CHEN Yi-zhu<sup>1</sup>, PENG Chang-lian<sup>1\*</sup>

(1. *South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650, China*; 2. *School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China*)

**Abstract:** Photoinhibition was studied in leaves of abscisic acid (ABA)-treated rice seedlings. ABA inhibited the photosynthetic process by lower PSII photochemistry efficiency ( $F_v/F_m$ ) and coefficient for non-photochemical quenching ( $q_N$ ). After photoinhibition under light intensity of  $2\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  for 1 h, the extent of photoinhibition was smaller in ABA-treated rice leaves than in the control. It is suggested that ABA had a protective effect on the high light induced photoinhibition. And the results also indicated photoprotection capacity of the rice seedlings against high light photoinhibition was closely associated with xanthophyll cycle.

**Key words:** abscisic acid; photoinhibition; photoprotection

脱落酸(ABA)在植物的整个生命过程中有多种生理功能。普遍认为 ABA 至少能诱导植物两种响应, 气孔关闭和一系列新的蛋白质的合成。又因 ABA 能提高植物对各种胁迫的响应而认为是一种胁迫激素。Chen 实验表明, 冷锻炼的过程中, ABA 含量增加, 这暗示 ABA 在寒害胁迫驯化过程中是一种内源调节剂<sup>[1]</sup>。也有表明, ABA 能提高植物对冷害和干旱的抵抗<sup>[2,3]</sup>、加速培养细胞对盐胁迫的适应<sup>[4]</sup>, 在分离的叶绿体中可减少对热诱导的破坏<sup>[5]</sup>。到目前为止, 未见 ABA 对光抑制光保护作用的研究。本文以水稻幼苗为材料, 探讨 ABA 是否对光抑制具有光保护作用及其可能的光保护机

制。

### 1 材料和方法

#### 1.1 材料

6 叶期水稻(品种为培矮 64S/E32)幼苗(种植于蒸馏水中(对照)或在  $10^{-5}$  mmol/L ABA 的水溶液中持续 5 d, 每天更换 1 次。

#### 1.2 叶片光抑制处理

水稻叶片置于石英卤灯下(1 000 W)照射, 中间隔置 8 cm 厚的透光水槽, 通过流动水吸收光辐射热量, 温度控制在室温( $25\sim 30\ ^\circ\text{C}$ )条件下, 叶片保

收稿日期: 2001-04-05

作者简介: 阳成伟(1972-), 男, 湖南永州人, 博士, 主要从事园艺作物和环境生理研究工作。\* 为通讯作者

基金项目: 国家重点基础研究规划项目(G1998010100); 中国科学院研究生科学与社会实践专项资助。

持在含水滤纸上,最大光强可达到  $2000 \mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,处理时间为 1 h。

### 1.3 叶片叶绿素荧光测定

使用调制荧光仪 PAM 101/102/103(H. Walz, Effeltrich, Germany)测叶片叶绿素荧光,测定之前叶片暗适应 15 min,用 1.6 KHz 的弱测量光( $0.04 \mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )测  $F_0$ ,随后给一个强闪光(大于  $5000 \mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,脉冲时间 2 s),荧光产量上升到  $F_m$ ,当从  $F_m$  回到  $F_0$  时,给一个连续的光化光( $400 \mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ),同时打开 PAM 102 提供一个 100 KHz 的测量光,提高信噪比稳定输出信号,当荧光下降到稳态水平  $F_s$  时,加上一个强闪光,荧光上升到  $F_m'$ ,然后关掉光化光和 PAM 102,荧光下降到  $F_0'$ ,强闪光来自 Schott lamp KL 1500 FL 103,光化光用石英卤灯(50 W)通过光导纤维传输。根据 Schreiber 等方法计算叶绿素荧光参数,所得荧光参数为相对值<sup>[6]</sup>。

### 1.4 抑制剂的引入

离体叶片的叶鞘于水中再剪去一部分,然后于 10 mmol/L DTT 和 5 mmol/L CAP 水溶液中,在  $30\sim 40 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  的 PFD 下 2 h。对照叶片插入蒸馏水中。

## 2 结果与讨论

### 2.1 ABA 对水稻幼苗叶片叶绿素荧光的影响

在室温下,光照导致的叶绿素 a 荧光猝灭包括光化学猝灭系数(qP)和非光化学猝灭系数(qN)两种。前者是由于 PS II 光化学能量转换所引起的荧光产量的下降,这种荧光猝灭只取决于  $Q_A$  氧化态的存在,它反映了 PS II 所捕获的光激子转化成化学能的效率。而后者则是由于 PSII 天线(或反应中心)中发生非化学过程而引起的荧光产量的下降。非辐射能量耗散在荧光上即表现为非光化学猝灭<sup>[7]</sup>。从表 1 分析可知,经 ABA 处理的水稻幼苗叶片和对照相比,PS II 光学效率( $F_v/F_m$ )和 qN 呈显著的抑制。而光系统 II 电子传递的量子效率( $\Phi\text{PSII}$ )和 qP 不受大的影响。表明 ABA 影响光化学能量的耗散过程。

### 2.2 光抑制处理对水稻幼苗叶片叶绿素荧光的影响

经高光处理 1 h 后,经 ABA 处理的水稻幼苗叶片其  $F_v/F_m$ 、qP、qN 和  $\Phi\text{PSII}$  都有所增加,且 qP 比 qN 受影响程度小。这表明 ABA 对高光诱导的光

抑制具有光保护作用。而从表 2 和表 1 知 ABA 对 qN 的影响较大。叶黄素循环是由依赖光转化的 3 个组分,玉米黄质(Zeaxanthin)、单环氧的玉米黄质

表 1 ABA 对水稻幼苗叶片叶绿素荧光的影响  
Table 1 Effects of ABA on chlorophyll fluorescence of rice seedlings

参数 Parameter	对照(C) Control	ABA 处理(T) ABA-treated	T/C (%)	%抑制 %inhibition
$F_v/F_m$	0.786+0.003	0.752+0.005 *	95	5
qP	0.699+0.019	0.668+0.018	96	4
qN	0.608+0.017	0.660+0.031 *	109	-9
$\Phi\text{PSII}$	0.313+0.011	0.295+0.013	94	6

“-”代表由于 ABA 其%抑制值是增加而非减少;“\*”代表对照与 ABA 处理之间差异显著。The negative sign(-)for the % inhibition indicate a signal increase instead of a decrease due to ABA; “\*”; Indicates that ABA-treated plants differ significantly from the control.

表 2 强光处理 1 h 对 ABA 处理的水稻幼苗叶片叶绿素荧光的影响

Table 2 Effects of high light for 1 hr on chlorophyll fluorescence of control and ABA-treated plant leaves

参数 Parameter	对照+高光 Control (+high light) (C)	ABA 处理+高光 ABA treated (+high light) (T)	%抑制 %inhibition	T/C (%)
$F_v/F_m$	0.605+0.021	0.658+0.023 *	11	111
qP	0.462+0.009	0.477+0.004	3	103
qN	0.706+0.009	0.745+0.013 *	6	106
$\Phi\text{PSII}$	0.188+0.015	0.196+0.01	4	104

“\*”代表对照与 ABA 处理之间差异显著。“\*”; Indicates that ABA-treated plants differ significantly from ABA-non-treated ones.

表 3 水稻幼苗叶片经 DTT 处理后再经高光处理  $F_v/F_m$  的变化

Table 3 Change of  $F_v/F_m$  values after high light treated +DTT-treated in leaves of rice seedling

处理 Treatment	$F_v/F_m$	%抑制 % inhibition
对照	0.605+0.022	-
ABA	0.658+0.014	-9
DTT+对照	0.412+0.018	32
ABA+DTT+对照	0.416+0.021	31

“-”代表由于 ABA 其%抑制值是增加而非减少。The negative sign(-)for the % inhibition indicate a signal increase instead of a decrease due to ABA.

(Antheraxanthin) 和双环氧的紫黄质(Violaxanthin),通过环氧和脱环氧作用的循环机制。当出现过量光能时,V 在紫黄质脱环氧化酶(Violaxanthin de-epoxidase)的作用下脱环氧形成 A,再进一步脱

环氧形成 Z; Z 在玉米黄质环氧化酶(Zeaxanthin epoxidase)的作用下环氧化又可以形成 A, 再进一步环氧化形成 V。作为衡量耗散过量光能大小的 qN 与叶黄素循环有密切的联系, Demmig-Adams 等证明叶黄素循环与类囊体膜的能量化一起调节能量耗散过程, 叶绿素荧光参数 qN 与叶黄素循环的 Z 呈正比关系<sup>[7~9]</sup>。DTT 是叶黄素循环的抑制剂<sup>[9]</sup>, 用 DTT 处理对照和 ABA 处理的水稻幼苗叶片后再进行高光处理, 发现两者之间的 Fv/Fm 没有重要的差别。这间接表明 ABA 提高水稻幼苗抗光抑制的能力与叶黄素循环密切相关, 至于其具体的作用位点有待进一步实验证明。

#### 参考文献:

- [1] Chen T H H, Gusta L V. Abscisic acid-induced freezing resistance in cultured plant cells[J]. *Plant Physiol.*, 1983, **73**: 71—75.
- [2] Kahn T L, Fender S E, Bray E A, et al. Characterization of expression drought and abscisic acid-regulated tomato genes in the drought-resistant species *Lycopersicon pennellii* [J]. *Plant Physiol.*, 1993, **103**: 597—605.
- [3] Xin Z, Li P H. Relationship between proline and abscisic acid in the induction of chilling tolerance in maize suspension-cultured cells[J]. *Plant Physiol.*, 1993, **103**: 607—613.
- [4] Larosa P C, Handa A K, Hasegawa P M, et al. Abscisic acid accelerates adaptation of cultured tobacco cells to salt[J]. *Plant Physiol.*, 1985, **79**: 287—292.
- [5] Ivanov A G, Kitchev M A, Christov A M, et al. Effects of abscisic acid treatment on the thermostability of the photosynthetic apparatus in barley chloroplasts[J]. *Plant Physiol.*, 1992, **98**: 1 228—1 232.
- [6] Schreiber U, Schliwa U, Bilger W. Continuous recording of photo→ chemical and non-photo→ chemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer[J]. *Photosyn Res*, 1986, **10**: 51—62.
- [7] Gilmore A M, Yamamoto H Y. Linear models relating xanthophylls and lumen acidity to non-photochemical fluorescence quenching, Evidence that antheraxanthin explains zeaxanthin independent quenching[J]. *Photosynth Res*, 1993, **35**: 67—78.
- [8] Demmig-Adams B. Carotenoids and photoprotection in plants: A role for the xanthophyll zeaxanthin[J]. *Biochem Biophys Acta*, 1990, **1 020**: 1—24.
- [9] Demmig-Adams B, Adams W WIII, Heber U, et al. Inhibition of zeaxanthin formation and of rapid changes in radiationless energy dissipation by dithiothreitol in spinach leaves and chloroplasts [J]. *Plant Physiol.*, 1990, **92**: 293—301.

(上接第 533 页 Continue from page 533)

- 构和功能研究[M]. 北京: 林业出版社, 1996. 133—138.
- [7] 李凌浩. 武夷山甜槠林生态系统的养分平衡研究[J]. *植物生态学报*, 1998, **22**(3): 193—201.
- [8] 刘世荣. 兴安落叶松人工林生态系统营养元素生物地球化学循环特征[J]. *生态学杂志*, 1992, **11**(5): 1—6.
- [9] 黄忠良, 孔国辉, 余清发, 等. 南亚热带季风常绿阔叶林水文功能及其养分动态的研究[J]. *植物生态学报*, 2000, **24**(2): 157—161.