

遮荫处理及恢复光照对白菜生长及活性氧代谢的影响

黄俊^{1,2}, 郭世荣¹, 蒋芳玲¹, 陈岚¹, 吴震^{1*}

(¹南京农业大学园艺学院, 南京 210095; ²天津大学农业与生物工程学院, 天津 300072)

摘要: 以白菜耐弱光品种‘矮王’和不耐弱光品种‘绿优’为材料, 研究遮荫处理及恢复光照过程中植株生长、活性氧代谢和抗氧化酶活性的变化。结果表明, 遮荫处理后‘矮王’品种生长减缓, ‘绿优’品种生长停滞; 两品种的MDA含量、O₂⁻产生速率和H₂O₂含量呈现先下降后上升的趋势, POD活性呈上升趋势, 而SOD、CAT、APX等酶活呈先下降后上升的趋势; 恢复生长光照后, 两品种的MDA含量、O₂⁻产生速率和H₂O₂含量均迅速上升, 几种酶活也呈加速上升趋势。遮荫处理后期与恢复光照后‘绿优’的膜脂过氧化现象较‘矮王’严重, ‘矮王’通过增加抗氧化酶活性, 有效地减轻了膜脂过氧化程度。

关键词: 白菜; 遮荫; 生长; 活性氧代谢; 抗氧化酶

中图分类号: S 634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 05-0753-04

Effects of Shading Treatment and Regular Light Recovery on Growth and Reactive Oxygen Metabolism of Pak-choi

HUANG Jun^{1,2}, GUO Shi-rong¹, JIANG Fang-ling¹, CHEN Lan¹, and WU Zhen^{1*}

(¹College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; ²College of Agriculture and Bioengineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: This paper studied the response of growth, reactive oxygen species metabolism and antioxidative enzyme activities of two different pak-choi cultivars (‘Ai wang’ and ‘L üyou’) to low light under shading treatment and regular light recovery. The results showed that the growth of ‘Ai wang’ was retarded and the growth of ‘L üyou’ was complete inhibited under shading treatment. The MDA content, the O₂⁻ production rate and the H₂O₂ content in two cultivars decreased at first and increased later. The POD activities increased under shading treatment while the SOD, CAT and APX decreased firstly and increased later. The activities of all these enzymes increased remarkably after the recovery of growth light. The results suggested that, under shading treatment and regular light recovery, ‘Ai wang’ was more efficient on the enhancement of antioxidative enzymes activities to reduce the membrane lipid peroxidation, while ‘L üyou’ was subject to a more grave membrane lipid peroxidation.

Key words: pak-choi; shading; growth; reactive oxygen metabolism; antioxidant enzymes

白菜 (*B. rassica campestris* ssp. *chinensis* Makino) 又称小白菜、青菜、油菜, 由于夏季高温和多病虫, 常采用遮阳网和防虫网覆盖栽培, 造成弱光环境, 工厂化立体栽培中也存在下层光照较弱的情况。有研究表明, 弱光影响辣椒、番茄等的生长发育、光合特性及活性氧代谢 (侯兴亮等, 2002; 睦晓蕾等, 2007), 对白菜干物质积累及光合特性也有影响 (黄俊等, 2006, 2007)。作者以两个耐弱光性不同的白菜品种为材料, 研究遮荫及恢复正常光照后植株生长、活性氧代谢和抗氧化酶活性的变化, 探讨白菜在弱光逆境及恢复正常光照过程中的抗氧化响应。

收稿日期: 2007 - 10 - 08; 修回日期: 2008 - 04 - 21

基金项目: 江苏省科技攻关项目 (BE2001326-4); 江苏省重大科技攻关招标项目 (BE2002304)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: zpzx@njau.edu.cn; Tel: 025-84396251)

1 材料与方法

试验于 2005 年 10—11 月在南京农业大学园艺学院玻璃温室内进行。选择白菜耐弱光品种‘矮王’和不耐弱光品种‘绿优’为试验材料(黄俊等, 2006)。以上口直径 20 cm, 下口直径 14 cm, 高 16 cm 的塑料盆为栽培容器, 栽培基质为芦苇、蛭石、珍珠岩按 2:1:1 配制的复合基质。种子播于基质中, 待长至 3 叶 1 心时, 将材料分为 2 组, 以自然光下生长作对照(晴天中午光强为 $1\,000 \sim 1\,200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 以黑色遮阳网覆盖作遮荫处理, 光强为自然光 20% 左右(晴天中午光照强度为 $200 \sim 240 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。每处理 3 次重复, 每重复栽培 4 盆, 每盆 5 株。

遮荫 15 d 后去除遮阳网, 将植株移至正常光环境。分别于遮荫处理后的 0、5、10、15 d 和恢复正常光照后的 5、10、15 d 的上午 9 时, 取第 3 叶位的叶片, 用液氮速冻保存, 用于测定 O_2^- 生成速率(王爱国和罗广华, 1990), H_2O_2 (Uchida, 2002) 和 MDA (Heath & Packes, 1986) 含量, SOD (Giannopolitis & Ries, 1977)、POD、CAT (曾韶西等, 1991) 和 APX (沈文飏等, 1996) 比活性。

生长指数 $\text{PI} = n + (\ln L_n - \ln R) / (\ln L_n - \ln L_{n+1})$, 其中参比叶长度 $R = 70 \text{ mm}$, n 为长于参比叶长度的叶片数, L_n 和 L_{n+1} 分别为第 n 及 $n+1$ 片叶的长度(Coleman & Greyson, 1976)。每个指标每次测定 3 次, 取平均值, 对试验结果进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 遮荫处理及恢复光照对白菜生长的影响

在遮荫处理期间, 耐弱光品种‘矮王’生长减缓, 不耐弱光品种‘绿优’生长完全停滞。在恢复正常光照后两品种的生长均开始恢复, 但仍显著低于各自的对照($P < 0.05$) (图 1)。

2.2 遮荫处理及恢复光照对白菜 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量的影响

从图 2 可看出, 在遮荫处理的前期, 两品种的 O_2^- 生成速率和 H_2O_2 含量均略有下降, 处理 10 d 时开始有上升的趋势, 15 d 时‘矮王’与对照相近, 而‘绿优’显著高于对照($P < 0.05$); 恢

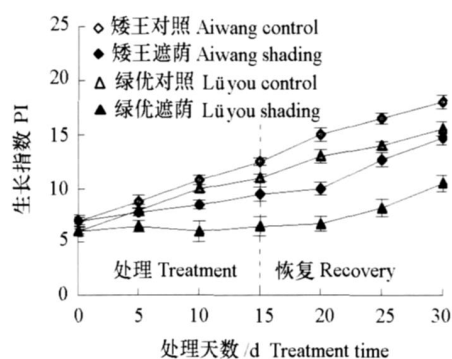


图 1 遮荫处理及恢复光照对白菜叶片生长指数 PI 的影响
Fig. 1 Effects of shading treatment and regular light recovery on plastochron index of pak-choi

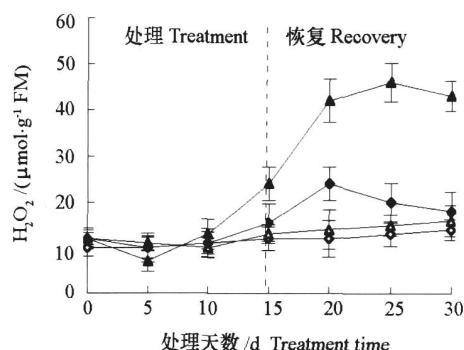
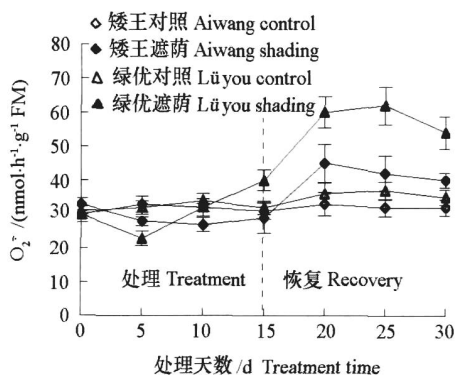


图 2 遮荫处理及恢复光照对白菜 O_2^- 生成速率和 H_2O_2 含量的影响

Fig. 2 Effects of shading treatment and regular light recovery on O_2^- generation rate and H_2O_2 content of pak-choi cultivars

复正常光照后, 两品种的均有一个迅速上升的过程, ‘矮王’和‘绿优’分别在 20 d 和 25 d 达到高峰, 且遮荫处理均显著高于对照 ($P < 0.05$)。

2.3 遮荫处理及恢复光照对白菜 MDA 含量的影响

如图 3 所示, 与对照相比, 遮荫处理下两品种的 MDA 含量在处理初期略有下降, 随后又开始升高, 在恢复正常光照后呈加速上升的趋势。在处理的前 10 d 内, 两品种无显著差异, 但在处理 15 d 时, ‘绿优’显著高于‘矮王’ ($P < 0.05$)。

2.4 遮荫处理及恢复光照对白菜叶片 SOD、POD、CAT 和 APX 比活性的影响

从图 4 可见, 与对照相比, 两个品种在遮荫处理 5 d 时, 叶片的 SOD 和 CAT 比活性均下降, 然后又升高, 处理 15 d 时, SOD 比活性达到对照的水平, 而 CAT 显著高于对照 ($P < 0.05$)。在恢复正常光照后, 两种酶比活性均急剧上升并显著高于对照 ($P < 0.05$), ‘矮王’显著高于‘绿优’。遮荫处理下两品种的 POD 比活性保持持续上升趋势, 但‘矮王’在遮荫及恢复光照阶段均高于‘绿优’。APX 比活性的变化较为复杂, 遮荫处理后期及恢复正常光照后期均显著高于对照 ($P < 0.05$)。

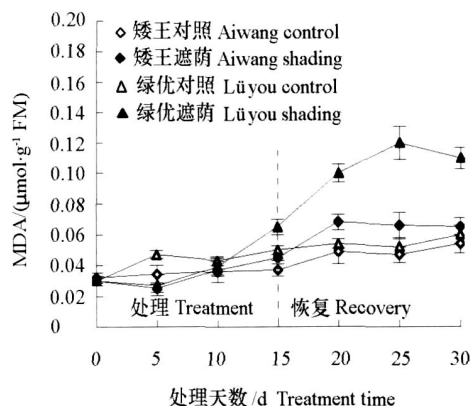


图 3 遮荫处理及恢复光照对白菜 MDA 含量的影响

Fig. 3 Effects of shading treatment and regular light recovery on MDA content of pak-choi cultivars

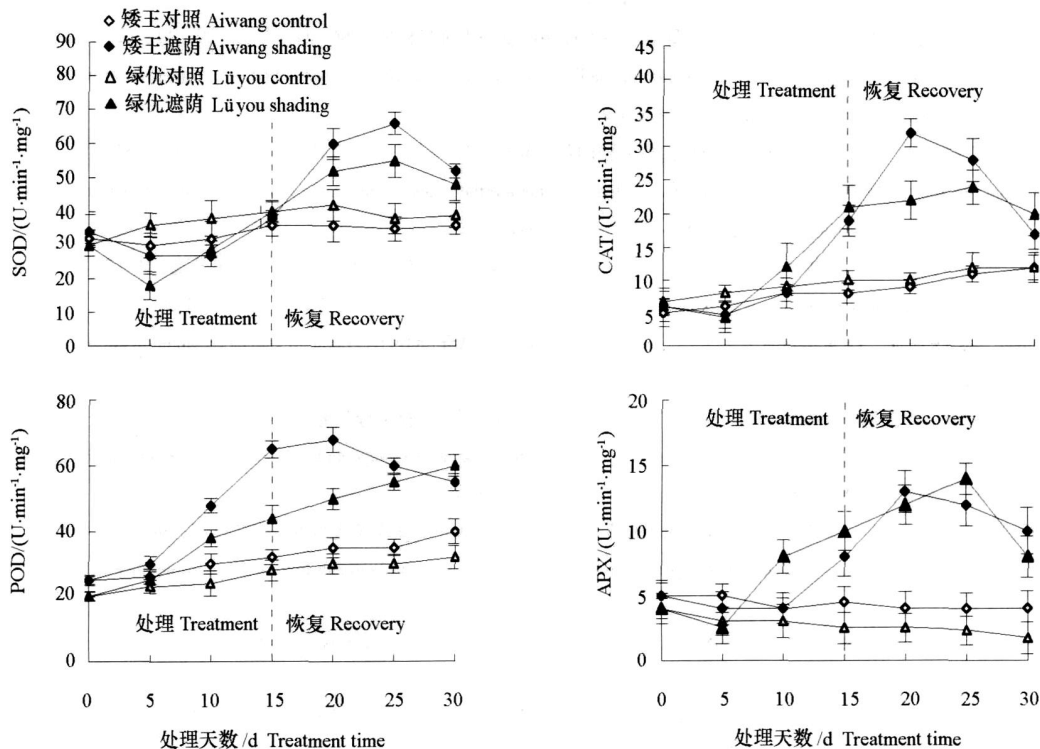


图 4 遮荫处理及恢复光照对白菜 SOD、POD、CAT 和 APX 比活性的影响

Fig. 4 Effects of shading treatment and regular light recovery on the SOD, POD, CAT, APX specific activities of pak-choi cultivars

3 讨论

遮荫处理初期, 两个品种的 O_2^- 生成速率和 H_2O_2 及 MDA 含量均有小幅下降, 说明短期弱光处理使植物体内的活性氧代谢减弱。SOD、CAT 和 APX 比活性有小幅下降, 但 POD 有小幅上升, 这说明在弱光胁迫下 POD 酶的活性较易受到诱导, 与侯兴亮等 (2002) 的研究相似。

遮荫后期, 植物体内的 O_2^- 生产速率和 H_2O_2 与 MDA 含量上升, SOD、POD、CAT、APX 酶比活性也相应提高, 说明经较长时间的遮荫, 植物体内活性氧开始积累, 抗氧化酶系统也做出适应性响应, 但活性氧的产生超过了抗氧化酶的清除能力, 导致膜系统发生伤害, 表现为 MDA 含量上升。

恢复光照后, 两个品种植株内的 O_2^- 生成速率和 H_2O_2 、MDA 含量加速上升, 说明经过长时间的遮荫处理, 再移至正常光强下会发生光抑制, 过剩的光能通过 Mehler 反应形成活性氧 (Niyogi, 1999)。两个品种的 SOD、POD、CAT、APX 比活性也加速上升, 其中耐弱光品种 ‘矮王’ 的 SOD、POD、CAT 活性迅速达到峰值, 并显著高于 ‘绿优’ ($P < 0.05$), 表现出更强的活性氧清除能力。

References

- Coleman W K, Greyson R I 1976. The growth and development of the leaf in tomato (*Lycopersicon esculentum*) I The plastochron index, a suitable basis for description. *Can J Bot*, 54: 2421 - 2428.
- Giannopolitis C N, Ries S K 1977. Superoxide dismutase: Occurrence in higher plants. *Plant Physiol*, 59: 309 - 314.
- Heath R L, Packer L 1986. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys*, 125: 189 - 198.
- Hou Xing-liang, Li Jing-fu, Xu Xiang-yang 2002. Effects of low light on morphological and physiological indexes of tomato at different growth stages. *Acta Horticulturae Sinica*, 29 (2): 123 - 127. (in Chinese)
- 侯兴亮, 李景富, 许向阳. 2002. 弱光处理对番茄不同生育期形态和生理指标的影响. *园艺学报*, 29 (2): 123 - 127.
- Huang Jun, Guo Shi-rong, Wu Zhen 2006. Identification of shading tolerance in thirty *B. russica campestris* ssp. *chinensis* varieties. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 24 (3): 281 - 285. (in Chinese)
- 黄俊, 郭世荣, 吴震. 2006. 30个不结球白菜品种的耐弱光性鉴定. *武汉植物学研究*, 24 (3): 281 - 285.
- Huang Jun, Guo Shi-rong, Wu Zhen 2007. Effects of weak light on photosynthetic and chloroplast ultrastructure of non-heading Chinese cabbage. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18 (2): 352 - 358. (in Chinese)
- 黄俊, 郭世荣, 吴震. 2007. 弱光对不结球白菜光合特性与叶绿体超微结构的影响. *应用生态学报*, 18 (2): 352 - 358.
- Niyogi K K 1999. Photoprotection revisited: genetic and molecular approaches. *Annu Rev Plant Mol Biol*, 50: 333 - 359.
- Shen Wen-biao, Xu Lang-lai, Ye Mao-bing 1996. Study on determination of ASP activity. *Plant Physiology Communications*, 32 (3): 203 - 205. (in Chinese)
- 沈文彪, 徐郎莱, 叶茂炳. 1996. 抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨. *植物生理学通讯*, 32 (3): 203 - 205.
- Sui Xiao-lei, Mao Sheng-li, Wang Li-hao 2007. Effects of low light intensity on gas exchange and chlorophyll fluorescence characteristics of *capsicum* seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (3): 615 - 622. (in Chinese)
- 睢晓蕾, 毛胜利, 王立浩. 2007. 弱光条件下辣椒幼苗叶片的气体交换和叶绿素荧光特性. *园艺学报*, 34 (3): 615 - 622.
- Uchida A, Andre T J, Takashi H 2002. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Sci*, 163 (3): 515 - 523.
- Wang Ai-guo, Luo Gang-hua 1990. Quantitative relation between the reaction of hydroxylamine and superoxide anion radicals in plants. *Plant Physiology Communications*, (6): 55 - 57. (in Chinese)
- 王爱国, 罗广华. 1990. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系. *植物生理学通讯*, (6): 55 - 57.
- Zeng Shao-xi, Wang Yi-you, Liu Hong-xian 1991. Some enzymatic reactions related to chlorophyll degradation in cucumber cotyledons under chilling in the light. *Acta Photophysiological Sinica*, 17 (2): 177 - 182. (in Chinese)
- 曾韶西, 王以柔, 刘鸿先. 1991. 低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应. *植物生理学报*, 17 (2): 177 - 182.