

植物叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在抗温度胁迫中的研究

韵 敏, 王 四 清

(北京林业大学 园林学院 北京 100083)

摘 要: 对目前国内外叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在植物抗温度胁迫中的研究进行了综述, 从不同植物的生理指标变化中寻找找到相同稳定的变化规律, 即叶绿素荧光动力学中的光系统 II(PSII)最大光化学量子产量 F_v/F_m 和净光合速率 P_n 与植物抗温度胁迫能力呈现正相关性。希望能用上述 2 种指标作为筛选抗性品种的标准, 找到低能耗品种并分类栽培种植达到节能减排的目的。

关键词: 叶绿素荧光动力学; 节能减排; 叶片气体交换; 低能耗
中图分类号: Q 945. 11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2010)01—0223—03

植物生长虽然需要适宜的温度, 但是在其生长过程总会遇到不适宜的温度, 即温度胁迫。当植物受到温度胁迫时, 很多生理功能会受到不同程度的影响, 其中光合作用受到的影响是不容忽视的, 研究其变化具有很重要的意义。就目前来看, 研究光合作用主要体现在两个方面: 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学。

叶片气体交换中的重要参数有: 光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度、光合作用光响应曲线和光合作用 CO_2 响应曲线等等; 叶绿素荧光动力学中重要参数有: 固定荧光 F_0 、最大荧光产量 F_m 、光系统 II(PSII)最大光化学量子产量 F_v/F_m 、光化学淬灭 q_P 、非光化学淬灭 q_N 等等。

第一作者简介: 韵敏(1985-), 女, 在读硕士, 研究方向为观赏园艺与园林植物。E-mail: yunmin124779@163.com。
基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD07)。
收稿日期: 2009—09—20

国内外对于叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在植物抗温度胁迫中的研究范围十分广泛, 涉及的研究对象多种多样, 从农作物, 到观赏植物, 甚至到藻类植物都有研究成果, 但是在不同植物类别里的研究程度或深度却不尽相同。

1 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究

叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究比较早。Smillie^[1] 等应用叶绿素荧光鉴别了小麦、黄瓜、菜豆、甘蓝品种之间耐冷性差异, 取得了满意的成果。就目前资料来看, 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究其研究对象多种多样: 玉米^[2]、甜椒^[3]、辣椒^[4]、豆类^[5]、棉花^[6]、西瓜^[7]、番茄^[8]、黄瓜^[9]等。这些研究都表明, 温度胁迫对叶片气体交换和叶绿素荧光动力学参数都有一定程度的影响, 即遭遇温度胁迫后, P_n 、 F_v/F_m 2 个主要参数会产生不同程度的下降, 而且随着温度胁迫时间的延长, 其下降的幅度也越大;

Research Advances on Distant Hybridization in Chinese Cabbage

GE Yao-xiang¹, BAI Cai-hong², WANG Shuan-quan², ZHOU Xin¹, LIANG Wen-yu¹

(1. Agricultural Science Research Institute of Liuzhou City, Liuzhou, Guangxi 545003; 2. College of Agronomy, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The research on distant hybridization between Chinese cabbage and different genus or wide crosses between different species of Brassica plants were reviewed. The main difficulties of distant hybridization breeding were cross-incompatibility, hybrid sterility, complexity of descendibility and aberrance of crossed offspring, and some methods to overcome them. Distant hybridization reseach in Chinese cabbage was prospected.
Key words: *chinese cabbage*; distant hybridization; progress

但当解除温度胁迫时, P_n 、 F_v/F_m 也会产生不同程度的恢复。

叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究不仅研究对象范围广, 而且研究成果也很有深度, 即不只是停留在参数随温度胁迫变化的表明上, 而是深入到应用中, 抗性强的品种其参数变化幅度较小, 且恢复较快, 可以将叶片气体交换和叶绿素荧光动力学主要参数作为指标来评价不同品种的抗性并筛选出抗性品种进行广泛应用或育种。

许多研究认为, PSII对温度变化敏感, 低温胁迫可抑制PSII的活性, F_v/F_m 是反映PSII活性的可靠指标。陈贻竹等^[10] 根据他们研究抗冷性水稻的结果认为, 低温光抑制下, 降低了的 F_v/F_m 比值恢复程度可以作为鉴定不同品种水稻抗冷性的指标。王可玢认为番茄叶片的叶绿素 a 荧光诱导动力学曲线和这些荧光参数改变的程度与该品种的已知抗冷性之间呈现较好的相关性并且体内叶绿素 a 荧光诱导动力学方法是鉴定番茄抗冷性的一个快速、灵敏和可靠的方法, 并可用于其它绿色植物的抗冷性鉴定中^[11]。张木清等^[12] 指出可以考虑利用叶绿素 a 荧光动力学参数来评价甘蔗的抗寒性。光合速率及其恢复能力和 F_v/F_m 及其恢复水平与冷害指数呈极显著负相关, 可以作为鉴定西葫芦品系耐冷性指标^[13]。低温诱导水稻光抑制发生, 低温光抑制的程度不完全是伤害的结果, F_0 、 F_v/F_m 恢复能力的强弱更能准确地反映品种间抗光抑制的能力^[14]。王国莉等^[15] 在研究低温对水稻不同耐冷品种幼苗光合速率影响中发现, 低温下水稻 2 个品种的 P_n 迅速降低, 冷敏感品种比耐冷品种下降幅度更大。

综上所述, 很多农作物在温度胁迫下对叶片气体交换和叶绿素荧光动力学参数都有一定程度的影响, 抗性强弱和指标变化之间有一定的相关性, 即抗性强的品种在温度胁迫下参数变化幅度不大, 或恢复速度快, 可以作为筛选农作物抗性品种的依据。

2 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在观赏植物中的研究

叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在观赏植物中的研究不像农作物中研究的范围广, 材料丰富。但是就现有的资料来看, 观赏植物在温度胁迫中对叶片气体交换和叶绿素荧光动力学参数也是有影响的。

经过低温环境适应的拟南芥当处于低温下时, 其 CO_2 饱和点和 F_v/F_m 只下降了 30%~40%; 但是没有经过低温锻炼的 CO_2 饱和点和 F_v/F_m 分别下降了 75%和 65%^[16]。Michael 等^[17] 研究比较了南极的银须草属 (*Deschampsia antarctica*, 喜欢冷凉的环境) 和石炭酸灌木 (*Larrea tridentata*, 沙漠灌木, 适应干热环境) 在受到高温胁迫时的反应, 发现两者的最佳 P_n 的温度相差 10℃,

银须草属处在高于 20℃的环境下其 P_n 就会受到抑制而石炭酸灌木是高于 30℃才会发生抑制现象, 2 种植物在 35℃下 F_v/F_m 均保持不变, 但若高于 35℃银须草属的 F_v/F_m 明显下降。黄柳 (*Salix gordejvii*) 与垂柳 (*Salix babylonica*) 的耐热性进行了比较研究, 处理 2 种植物的离体叶片处在高于 40℃的温度时, 2 种植物叶片的 F_v/F_m 明显降低, 且黄柳的极显著地小于垂柳的, 所以认为黄柳的耐热性比垂柳差^[18]。胡永红等^[19] 在研究球根秋海棠 (*Begonia* L.) 耐热性时发现, 随着温度的升高 3 个品种秋海棠的光合速率均下降, ‘龙翅’ 在各温度的 P_n 都高于其它 2 种秋海棠, 且下降的幅度也为最小, 因此抗热性最强。高羊茅不同品种在高温胁迫下净光合速率和最大光能转化效率均呈降低趋势, 但是耐热性强的品种具有更高的光化学转换功能, 有利于减轻高温对光合器官的损伤, 使其保持较高的净光合速率^[20]。高温胁迫下 3 种木兰 F_v/F_m 明显降低, 但抗性强的品种下降幅度明显小^[21]。

也有一些研究人员指出, 叶片气体交换和叶绿素荧光动力学作为筛选观赏植物抗性品种也是可靠的^[22-23]。由此可见, 虽然叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在观赏植物中的研究资料不是很多, 但参数变化与温度胁迫之间的关系与在农作物中的研究成果具有一致性, 只是有关在观赏植物中是否真正的可以作为筛选抗性品种指标的结论不是很充分, 只是对其在筛选抗性品种中的应用进行了初步的探讨。

另外, 梁英等^[24] 还对高温胁迫下几种藻类的响应机制以及叶绿素荧光技术在筛选耐高温微藻品系中的应用进行了初步探讨。

3 问题与展望

通过对国内外大量的研究成果的分析, 可以看出植物叶片气体交换和叶绿素荧光动力学是反映植物抗性强弱的 2 个重要方面。他们互相依赖, 互相影响。将 2 个方面综合运用可以更好的, 更准确地做出判断, 选出抗性强的品种。

但是就现有的研究成果来看在农作物中有比较明确肯定的结论: 抗性强的品种在温度胁迫下 P_n 、 F_v/F_m 参数变化幅度不大, 或恢复速度快, 可以作为筛选农作物抗性品种的依据。在观赏植物中也只是在探索阶段, 其原因也许是研究植物的种类不够丰富, 研究不够全面, 或者还有一些不同于研究农作物的复杂问题, 这将是以后需要进一步注意并解决的地方。

花卉业作为种植业中的新兴产业, 正以前所未有的速度迅猛发展, 温室是发展花卉产业、保障花卉质量不可或缺的重要设施。但是温室的大量使用给能源和环境都带来了不可忽视的影响。降低成本, 提高质量, 节约能源, 保护环境已经是如今花卉产业的新追求。期望

可以将叶片气体交换和叶绿素荧光动力学在农作物中的研究结论推广,应用到观赏植物,并且制定衡量标准,成功简便地筛选出低能耗品种,将低能耗品种推广生产,无疑在现代化温室节能减排方面具有重大的意义。

参考文献

[1] Smillie R M, Hetherington S E. Stress tolerance and stress induced injury in crop plant measured by chlorophyll fluorescence in vivo[J] . Plant physiology, 1982 70: 1049-1054.

[2] Steven J, Crafts-Brandner, Salvucci M E. Sensitivity of Photosynthesis in a C4 Plant, Maize, to Heat Stress[J] . Plant Physiol. 2002 129: 1773-1780.

[3] Guo S J, Zhou H Y, Zhang X S, et al. Overexpression of CaHSP26 in transgenic tobacco alleviates photoinhibition of PSII and PSI during chilling stress under low irradiance[J] . Plant Physiology, 2007, 164(2): 126-136.

[4] 颜建明 郁继华, 颜敏华, 等. 耐性不同辣椒幼苗光合和 PSII 光化学效率对低温弱光的响应[J] . 中国农学通报 2009 25(07): 193-197.

[5] Petkova V, Denev I D, Cholakov D, et al. Field screening for heat tolerant common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) by measuring of chlorophyll fluorescence induction parameters[J] . Scientia Horticulturae, 2007 111 (2): 101-106.

[6] 李志博, 魏亦农, 杨敏, 等. 低温胁迫对棉花幼苗叶绿素荧光特性的影响初探[J] . 棉花学报, 2006, 18(4): 255.

[7] 刘慧英, 朱祝军, 史庆华. 低温胁迫下嫁接对西瓜光合特性及叶绿素荧光参数影响的研究[J] . 石河子大学学报(自然科学版), 2007 25(2): 163-167.

[8] 胡文海, 喻景权. 低温弱光对番茄叶片光合作用和叶绿素荧光参数的影响[J] . 园艺学报 2001, 28(1): 41-46

[9] 周艳红, 黄黎峰, 喻景权. 持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换、叶绿素荧光淬灭和吸收光能分配的影响[J] . 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(2): 153-160.

[10] 陈贻竹, 刘鸿先, 郭俊彦. 用叶绿素荧光估价水稻的耐冷力[M] // 中国科学院华南植物研究所编. 中国科学院华南植物研究所集刊(第 6 集). 北京: 科学出版社, 1990: 122-131.

[11] 王可玢, 赵福洪, 王孝宣, 等. 用体内叶绿素 a 荧光诱导动力学鉴定番茄的抗冷性[J] . 植物学通报 1996, 13(2): 29-33.

[12] 张木清, 陈如凯, 吕建林, 等. 甘蔗苗期低温胁迫对叶绿素 a 荧光诱导动力学的影响[J] . 福建农业大学学报, 1999, 28(1): 1-7.

[13] 樊治成, 贾洪玉, 郭洪芸, 等. 西葫芦耐冷性生理指标研究[J] . 园艺学报, 1999, 26(5): 309-313.

[14] 李平, 李晓萍, 陈贻竹, 等. 低温光抑制胁迫对不同抗冷性的籼稻抽穗期剑叶叶绿素荧光的影响[J] . 中国水稻科学 2000 14(2): 88-92

[15] 王国莉, 郭振飞. 低温对水稻不同耐冷品种幼苗光合速率和叶绿素荧光参数的影响[J] . 中国水稻科学 2005 19(4): 381-383.

[16] Savitch L V, Barker-Astrom J, Ivanov A G, et al. Cold acclimation of Arabidopsis thaliana results in incomplete recovery of photosynthetic capacity, associated with an increased reduction of the chloroplast stroma[J] . Planta, 2001, 214(2): 295-303.

[17] Michael E, Salvucci, Steven J, et al. Relationship between the Heat Tolerance of Photosynthesis and the Thermal Stability of Rubisco Activase in Plants from Contrasting Thermal Environment[J] . Plant Physiol 2004 134: 1460-1470.

[18] 杨甲定, 赵哈林, 张铜会. 黄柳与垂柳的耐热性和耐旱性比较研究[J] . 植物生态学报 2005 29(1): 42-47.

[19] 胡永红, 李萍, 秦俊. 球根秋海棠耐热性研究[J] . 安徽农业科学 2006, 34(9): 1807-1809.

[20] 徐胜, 何兴元, 陈玮, 等. 高羊茅对高温的生理生态响应[J] . 应用生态学报 2007 18(10): 2219-2225.

[21] 李芸瑛, 窦新永, 彭长连. 三种濒危木兰植物幼树光合特性对高温的响应[J] . 生态学报 2008 28(8): 3789-3796.

[22] 苏秀红, 强胜, 宋小玲. 不同地理种群紫茎泽兰耐热性差异的比较分析[J] . 西北植物学报, 2005, 25(9): 1766-1771.

[23] 马博英, 金松恒, 徐礼根, 等. 低温对三种暖季型草坪草叶绿素荧光特性的影响[J] . 中国草地学报 2006 28(1): 58-61.

[24] 梁英, 冯力霞, 田传远. 高温胁迫对球等鞭金藻 3011 和 8701 叶绿素荧光特性的影响[J] . 中国水产科学 2009 39(1): 37-43.

Study of Leaf Gas Exchange and Chlorophyll Fluorescence Kinetics on Plant Temperature Stress

YUN Min WANG Si-qing

(College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The studies of leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence kinetics on plant temperature stress both in China and abroad at present were reviewed, and the same stable rule from different plant physiology changes was found, namely the relationship between the maximum quantum yield of photochemical system II(Fv/Fm) in the chlorophyll fluorescence kinetics and net photosynthetic rate Pn and plant temperature stress resistance is a positive correlation. Hope to use the two indexes as a standard to screen the resistant varieties, and find the low-power-consuming varieties to cultivate in order to conserve energy and reduce greenhouse gas emissions.

Key words: chlorophyll fluorescence kinetics; conserving energy and reducing greenhouse gas emissions; leaf gas exchange; low-power-consuming