

弱光对番茄幼苗功能叶片叶绿素荧光参数的影响

朱延姝¹, 冯 辉², 阮燕晔¹

(1. 沈阳农业大学 生物科学技术学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:对弱光处理下 4 个弱光耐受性不同的番茄品系苗期功能叶片的叶绿素荧光参数进行了研究。结果表明:弱光处理使 4 个品系的叶绿素荧光参数发生了不同的变化。其中除品系 1、2 的初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)降低,品系 3、4 的 F_0 、 F_m 增加外,4 个品系的最大光化学效率(F_v/F_m)和潜在光化学活性(F_v/F_0)均比对照升高,即光系统 II 反应中心的光化学潜能增强。但弱光却降低了 4 个品系光系统 II 的实际光化学效率($\Phi_{PS II}$)和光化学荧光猝灭系数(qP),这可能是弱光降低光合作用的一个原因,其中品系 1、2 的降低幅度较小。各品系非光化学荧光猝灭系数(qN)受弱光影响较小。

关键词:弱光;番茄;叶绿素荧光参数

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)17-0001-03

番茄是喜光蔬菜,光饱和点为 $600 \sim 1\ 400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光照不足会影响其生长发育,进而影响产量和品质^[1]。而我国北方番茄设施生产环境中最为突出的问题就是光照不足,这常常使番茄处于弱光胁迫之中^[2]。了解不同番茄品系在弱光下的响应和适应性反应,对筛选和培育耐弱光番茄品种具有重要意义。关于弱光环境下番茄生理生化变化的研究报道很多^[3-6],而有关叶绿素荧光参数的研究较少,且仅限于光照培养箱中的极端弱光或低温弱光条件^[7]。由于设施环境中很少见极端弱光,且光照和温度对于 PS II 光化学活性的影响不同于光照或温度单因子的影响。因此,将光、温分开加以研究,能准确地了解单因子的影响^[8]。该试验模拟阴天的弱光环境而非极端条件,以耐弱光性不同的番茄品系为试材,研究弱光对番茄苗期叶片叶绿素荧光参数的影响,为番茄保护地耐弱光栽培和耐弱光品系筛选提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料

试验材料为经过 5 代以上自交选择、性状稳定的番茄品系 02S02、02S32、02S52 和 02S57,编号依次为 1~4。其中经过产量测定验证的品系 1、2 对弱光耐受性较强,

第一作者简介:朱延姝(1972-),女,辽宁沈阳人,博士,副教授,现主要从事植物光合生理和抗性生理研究工作。E-mail:zhu yanshu @163.com。

通讯作者:冯辉(1961-),男,辽宁沈阳人,博士,教授,博士生导师,现主要从事蔬菜遗传育种的研究工作。E-mail:fenghui111@263.net。

基金项目:辽宁省重点科技攻关资助项目(2008201007)。

收稿日期:2010-05-25

品系 3、4 对弱光耐受性较差^[1]。

1.2 试验设计

试验于 2007 年在沈阳农业大学园艺科研试验基地进行。3 月 10 日播种于穴盘,营养基质育苗,基质为草炭:蛭石按 3:1(体积比)混合并掺入 5% 的腐熟鸡粪。4 月 20 日定植于 2 个塑料大棚。每个大棚中 4 个品系随机区组排列,3 次重复。每小区种植 16 株,株距 30 cm,行距 50 cm。定植 1 周后,以普通塑料大棚为对照(晴天上午 9:00~11:00 平均光强约为 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),普通塑料大棚上覆盖 1 层黑色遮阳网模拟弱光环境(光强约为对照的 50%)。试验过程中对照和处理的肥水及温、湿度管理保持一致。

1.3 试验项目

在番茄生长发育的苗期从上述每个小区中随机挑选生长一致的 3 株植株,取从顶端向下数第 3 片完全展开叶片,用英国产 FMS- II 型脉冲调制式叶绿素荧光仪测定暗适应 20 min 后的初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)、可变荧光(F_v)、PS II 最大光化学效率(F_v/F_m)、PS II 潜在光化学活性(F_v/F_0),以及光适应下 PS II 实际光化学效率($\Phi_{PS II}$)、光化学猝灭系数(qP)、非光化学猝灭系数(qN)。

2 结果与分析

2.1 弱光对番茄幼苗功能叶片暗适应叶绿素荧光影响

F_0 为初始荧光,代表光系统 II 反应中心全部开放即原初电子受体(Q_A)全部氧化时的荧光,是不参与 PS II 光化学反应的光能辐射部分。 F_m 为最大荧光,代表光系统 II 反应中心原初电子受体全部还原时的荧光。 F_v 为可变荧光,是 F_m 与 F_0 之差,代表可参与 PS II 光化学反应的光能辐射部分。 F_v/F_0 反映了光系统 II 光化学

反应中心的潜在活性, F_v/F_m 反映了光系统 II 的最大光化学效率。从表 1 可知, 弱光处理使品系 1、2 的 F_o 下降, 分别为对照的 95.5% 和 88.1%, 而使品系 3、4 的 F_o 升高, 分别为对照的 106.7% 和 100.1%。 F_m 的变化趋势与 F_o 相似, 即品系 1、2 比对照降低, 品系 3、4 比对

照增加。4 个品系的 F_v 均比对照增加, 且品系 3、4 增加幅度大于品系 1、2。同时弱光处理后, F_v/F_o 和 F_v/F_m 均比对照增加, 说明光系统 II 在弱光环境中具有更大的光化学潜能。

表 1 弱光处理后番茄幼苗功能叶片经暗适应的叶绿素荧光变化

Table 1 Change of chlorophyll fluorescence in tomato seedling function leaves adapting dark after low light density treatment

		F_o	F_m	F_v	F_v/F_o	F_v/F_m
品系 1 Strain 1	对照 Control	129.2±5.9	635.0±4.7	505.9	3.917	0.797
	处理 Treatment	123.3±4.5	630.8±18.1	507.5	4.116	0.804
品系 2 Strain 2	对照 Control	139.4±2.1	644.2±4.8	504.8	3.621	0.784
	处理 Treatment	122.8±7.6	637.1±24.9	514.2	4.186	0.807
品系 3 Strain 3	对照 Control	122.2±2.2	556.0±9.2	433.8	3.550	0.780
	处理 Treatment	130.4±6.3	655.5±25.1	525.1	4.027	0.801
品系 4 Strain 4	对照 Control	136.1±11	673.0±6.1	536.9	3.943	0.798
	处理 Treatment	136.2±1.9	688.6±14.5	552.5	4.059	0.802

2.2 弱光对番茄幼苗功能叶片实际光化学效率的影响

$\Phi PS II$ 是实际光化学效率, 是 PS II 所吸收的光量子中用于光化学反应的比例^[9]。图 1 显示, 弱光处理导致各番茄品系 $\Phi PS II$ 比对照降低。即用于光化学反应的光量子减少, 这将降低光合作用的原初反应。其中品系 1、2 $\Phi PS II$ 的降低幅度小于品系 3、4。

2.3 弱光对番茄幼苗功能叶片叶绿素荧光猝灭的影响

植物吸收的光能主要经过以下 3 种途径被利用: 光化学反应(光合作用)、非光化学热耗散以及以叶绿素荧光形式耗散过剩光能, 光化学反应和热耗散的变化会引起叶绿素荧光猝灭过程的相应变化。叶绿素荧光猝灭

由光化学猝灭和非光化学猝灭 2 个过程构成^[10]。

qP 是光化学猝灭系数, 是 PS II 反应中心的开放比例, 图 2 显示, 弱光处理使各番茄品系 qP 比对照均下降。说明弱光处理抑制了 PS II 反应中心的开放。其中品系 1、2 降低的幅度小于品系 3、4。

非光化学猝灭是一种自我保护机制, 对光合机构起保护作用。 qN 为非光化学猝灭系数, 是由于在 PS II 天线色素或反应中心发生非光化学过程而引起的荧光产量的下降, 它不取决于 QA 的氧化还原状态。弱光处理使各品系 qN 与对照相比变化不大(图 3), 说明非光化学猝灭受弱光的影响较小。

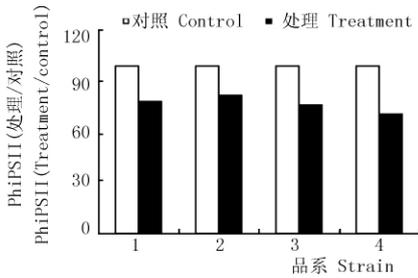


图 1 弱光处理后番茄幼苗功能叶片 $\Phi PS II$ 的变化

Fig. 1 Change of $\Phi PS II$ in tomato seedling function leaves under low light density treatment

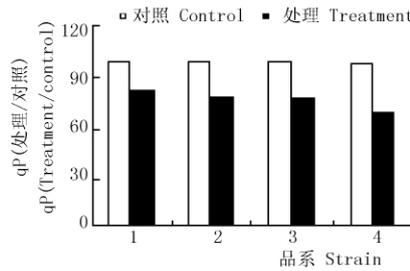


图 2 弱光处理后番茄幼苗功能叶片 qP 的变化

Fig. 2 Change of qP in tomato seedling function leaves under low light density treatment

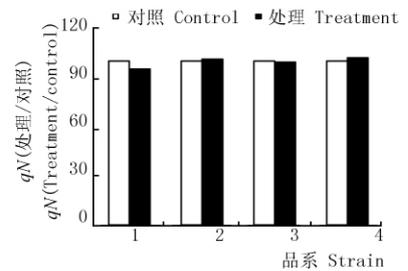


图 3 弱光处理后番茄幼苗功能叶片 qN 的变化

Fig. 3 Change of qN in tomato seedling function leaves under low light density treatment

3 讨论与结论

叶绿素荧光参数可反映光合机构内一系列重要的调节过程^[11], 叶绿素荧光参数分析有助于探明光合机构受逆境胁迫伤害的部位和程度^[12]。该试验中弱光胁迫下 4 个番茄品系的 F_v/F_o 和 F_v/F_m 增加, 表明弱光胁迫并未引起光抑制, 而是增加了 PS II 的光化学潜能, 这与睦晓蕾等^[13] 在辣椒中和甄伟等^[14] 在黄瓜中的研究结果一致。但该试验中弱光使番茄叶片 $\Phi PS II$ 和 qP 下

降, 说明弱光下引起的光合作用下降不是由光系统 II 的光化学特性变化引起的^[15], 更多的可能是由于暗反应引起的。弱光环境下 CO_2 同化能力下降, 造成对叶绿体中 ATP 和 NADPH 的需求减少, 从而可能导致对 PS II 的一个反馈氧化还原作用; 另一方面, PS II 原初光化学反应通过下调光合电子传递来匹配碳代谢对 ATP 和 NADPH 需求的减少, 在试验中表现为 qP 的下降^[16]。 qP 变小表明从 PS II 氧化侧向 PS II 反应中心的电子流

动受到抑制^[17]。而 qP 的下降表明 PS II 反应中心开放状态降低,这当然使得用于光化学反应的光量子数的减少,因此 qP 与 $\Phi PS II$ 的变化是一致的。而弱光对品系 1、2 的这种影响作用小于品系 3、4,表明品系 1、2 在弱光下仍能保持稳定开放的 PS II 反应中心比例。这可能是品系 1、2 耐弱光性较强的原因之一,同时也说明叶绿素荧光参数与弱光耐受性之间具有相关关系,但具体相关程度尚需进一步研究。

有研究认为,在 PS II 反应中心受损或可逆失活时, F_o 值增加^[18-19]。试验中品系 3、4 的 F_o 在弱光下增加,但由于这 2 个品系并未发生光抑制,推测可能是其 PS II 反应中心出现了暂时可逆失活,但尚需进一步研究。而 4 个品系 qN 在弱光下的变化不大,说明试验的弱光环境中各番茄品系仍然保持着较高的非光化学猝灭水平,起着保护光合机构的作用。

参考文献

- [1] 朱延姝,冯辉,高绍森.弱光对番茄生长发育及产量的影响[J].中国蔬菜,2006(2):11-13.
- [2] Warren W. Light interception and photosynthesis efficiency in some glasshouse corps [J]. Journal of Experimental Botany, 1992, 43 (248): 363-373.
- [3] 毛秀杰,王巨媛,孙铭,等.不同光照条件下番茄主要性状的变化及相关分析[J].中国农学通报,2006,22(12):95-98.
- [4] 王丽娟,顾青海,孙世海,等.遮光对番茄生理特性的影响[J].天津农学院学报,2006,13(3):17-18.
- [5] 朱延姝,冯辉.弱光环境下番茄幼苗需光特性的变化[J].华北农学报,2007,22(5):76-78.
- [6] 吴秀娟,裴孝伯,吴良锁,等.合肥地区春季大棚光温环境与番茄耐

低温弱光指标的筛选[J].中国农学通报,2009,25(4):162-166.

- [7] 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.
- [8] 李美茹,刘鸿先,王以柔.低温与光对黄瓜幼苗子叶光合电子传递链活性的影响[J].植物学报,1993,19(1):23-30.
- [9] Barker D H, Logan B A, Adams III. W W, et al. Photochemistry and xanthophylls cycle-dependant energy dissipation in differently oriented cladodes of *Opuntia stricta* during the winter [J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1998, 25:95-104.
- [10] 刘栓桃,董艳敏,卢亚楠,等.低温弱光对两个西葫芦品种幼苗光合速率及叶绿素荧光参数的影响[J].华北农学报,2009,24(2):139-143.
- [11] 武海,张树源,许大全,等.珊瑚树叶片叶绿素荧光非光化学猝灭的日变化和季节变化[J].植物生理学报,1997,23(2):145-150.
- [12] Sinsawat V, Leipner J, Stamp P, et al. Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (*Zea mays* L.) grown at control or high temperature [J]. Environmental and Experimental Botany, 2004, 52:123-129.
- [13] 睦晓蕾,毛胜利,王立浩,等.弱光条件下辣椒幼苗叶片的气体交换和叶绿素荧光特性[J].园艺学报,2007,34(3):615-622.
- [14] 甄伟,张福壤.弱光对黄瓜功能叶片光合特性及超微结构的影响[J].园艺学报,2000,27(4):290-292.
- [15] 张昆,万勇善,刘凤珍,等.花生幼苗光合特性对弱光的响应[J].应用生态学报,2009,20(12):2989-2995.
- [16] 周艳虹,黄黎锋,喻景权.持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换,叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响[J].植物生理与分子生物学学报,2004,30(2):153-160.
- [17] 王可玢,许春辉,赵福洪.水分胁迫对小麦旗叶叶绿素荧光的影响[J].生物物理学报,1997,13(2):273-278.
- [18] 陈贻竹,李晓萍,夏丽,等.叶绿素荧光技术在植物环境胁迫研究中的应用[J].热带亚热带植物学报,1995,4(3):79-86.
- [19] 许大全.光系统 II 反应中心的可逆失活及其生理意义[J].植物生理学报,1999,35(4):273-276.

Effect of Low Light Density on Chlorophyll Fluorescence Parameters of Tomato Seedling Function Leaves

ZHU Yan-shu¹, FENG Hui², RUAN Yan-ye¹

(1. College of Biological Science and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: The chlorophyll fluorescence parameters of seedling function leaves in 4 tomato strains were investigated under low light density environments. The results showed that the different changing of the chlorophyll fluorescence parameters occurred in 4 tomato stains under low light density. Except the initial fluorescence (F_o) and maximal fluorescence (F_m) were lower in stains 1, 2 and higher in stains 3, 4 under low light density environments, the PS II maximal photochemical efficiency (F_v/F_m) and latent photochemical activity (F_v/F_o) were higher than control light density, it meant that the photochemical potentiality of PS II reaction centers was enhanced. But the PS II real photochemical efficiency ($\Phi PS II$) and photochemical quenching coefficient (qP) decreased, it perhaps was the one of the reasons that the photosynthesis decreased in low light density, and the decreased extent was lower in stains 1, 2 than that in stains 3, 4. It was tiny that the effect of low light density on nonphotochemical quenching coefficient (qN) in 4 tomato stains.

Key words: low light density; tomato; chlorophyll fluorescence parameters