

# 不同水分处理下草莓叶绿素荧光参数的变化<sup>①</sup>

段仁燕<sup>②</sup> 吴甘霖 王志高 吴礼凤

(安庆师范学院生命科学院 安徽省安庆市菱湖南路 128 号 246011)

**摘 要** 以草莓为实验材料, 研究不同水分处理对叶片叶绿素荧光参数的影响。研究表明, 随着施水量的增加, 草莓叶片的叶绿素荧光参数存在着明显的差异, 过多或过少的水分均降低了叶片的 PS II 活性。总体看来, 保持土壤含水量为田间最大持水量的 80% ( $T_8$ ) 时的最大荧光( $F_m$ )、PS II 最大光化学效率( $F_v/F_m$ )、PS II 实际光化学效率( $Yield$ )、光化学猝灭系数( $qP$ ) 最高。表明种植草莓最适的土壤含水量为田间最大持水量的 80%。

**关键词** 草莓; 叶绿素荧光参数; 水分胁迫

中图分类号: O657.31

文献标识码: A

文章编号: 1004-8138(2011) 04-1770-04

## 1 引言

植物光合作用是将太阳能转换为化学能的过程, 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。绝大部分植物体内叶绿素荧光来自光系统 II (PS II) 的天线色素系统, 光系统 I (PS I) 色素系统基本不发荧光。受光激发的叶绿素所产生的荧光一直被用来作为研究光合作用机理的探针<sup>[1]</sup>。目前, 国际上对植物体内叶绿素荧光动力学的研究已形成热点, 并在强光、高温、低温、干旱等逆境生理研究中得到广泛应用<sup>[2]</sup>。而有关不同土壤含水量对叶绿素荧光的研究有利于反映和鉴定不同品种的差异<sup>[3]</sup>, 也为作物栽培提供重要的参考依据。

草莓属多年生常绿匍匐茎植物, 根系浅, 易遭受干旱胁迫。目前, 关于草莓的研究主要集中在栽培技术上, 有关土壤水分与草莓叶绿素荧光特性的研究尚未见相关报道, 而研究不同梯度水分下叶绿素荧光参数的变化有利于确定适合草莓种植的土壤含水量。

## 2 实验部分

### 2.1 仪器与材料

PAM-2100 便携调制式荧光仪(德国 Walz 公司); JY 301 电子天平(上海良平公司); FCQ 双辐射计(北京澳作公司)。实验所用材料为草莓。实验用水为自来水。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 栽培管理

实验采用盆栽土培法, 于 2008 年 4 月中旬选择长势、大小比较一致的草莓苗移栽到塑料盆中,

① 安徽省教育厅自然科学基金资助项目(KJ2007B169)

② 联系人, 手机: (0) 13866092294; E-mail: duanrenyan78@163.com

作者简介: 段仁燕(1978—), 男, 湖北省枣阳市人, 讲师, 博士, 主要从事植物学与生态学相关的教学与科研工作。

收稿日期: 2010-10-06; 接受日期: 2010-11-09

每盆1株,盆高20cm,口径为25cm,培养土为安庆泉丽生态农业发展有限公司草莓种植基地耕层土壤。每盆土干重为1.5kg,正常供水管理。2008年4月下旬进行实验。实验在安庆师范学院植物园大棚中进行,实验期间最大光强为 $1104\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,日温度变化范围20—27℃,大气相对湿度40%—65%。

### 2.2.2 实验处理

水分处理梯度为10个,通过每天晚上浇水,保持土壤含水量为田间最大持水量的10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%和100%,分别记为T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>6</sub>、T<sub>7</sub>、T<sub>8</sub>、T<sub>9</sub>、T<sub>10</sub>。采用整盆称重法控制土壤含水量,每日18:00称花盆重量,根据测量结果补充每日消耗水量(浇水由侧管注入土层底部),使水分保持实验设计处理水平。持续一个星期后,采用德国PAM-2100便携调制式荧光仪进行测定叶绿素荧光指标。分别于4.28、4.29、4.30,3天(晴天)早上6:00—7:00之间,选取完全展开的叶片(从顶部数第3—4叶)正面中部测定相关指标。

### 2.2.3 叶绿素荧光测定

用600Hz测定光测定初始荧光( $F_o$ ),随后给叶片施加 $3000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 饱和脉冲光0.7s,测得最大荧光( $F_m$ )。然后,打开作用光( $600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ),当荧光下降至恒定时,测得恒态荧光( $F_t$ )。此时,再加上一个强闪光( $3000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ),荧光上升到能化类囊体最大荧光( $F_m'$ )。随后打开远红光,让荧光信号重新平衡。在荧光下降至施加饱和光前稳定水平之后再过20—30s,测得能化类囊体最小荧光( $F_o'$ )。其他荧光参数计算如下:暗适应叶片可变荧光 $F_v = F_m - F_o$ ,PS II最大光化学效率 $= F_v / F_m$ ;光照下PS II实际光化学效率 $Yield = (F_m' - F_t) / F_m'$ ,光化学荧光猝灭系数 $qP = (F_m' - F_t) / (F_m' - F_o')$ ,非光化学荧光猝灭系数 $qN = (F_m - F_m') / (F_m' - F_o')$ ,表观光合电子传递速率 $ETR = Yield \times PAR \times 0.5 \times 0.84$ ,其中PAR——光合有效辐射。

## 3 结果与讨论

### 3.1 初始荧光( $F_o$ )和最大荧光( $F_m$ )的变化

$F_o$ 为初始荧光,是光系统II(PS II)反应中心处于完全开放时的荧光产量,它与叶片叶绿素浓度有关。不同施水梯度下,草莓叶片的 $F_o$ 存在着波动(图1-A)。随着施水量的增加, $F_o$ 呈现出先下降、再上升,再下降的趋势。 $F_m$ 为最大荧光产量,是PS II反应中心处于完全关闭时的荧光产量,可反映出通过PS II的电子传递情况。不同施水梯度下,草莓叶片的 $F_m$ 存在着变化。随着施水量的增加, $F_m$ 呈现出先上升,再下降的趋势。其中,在施水梯度为T<sub>8</sub>时最高,梯度为T<sub>10</sub>和T<sub>1</sub>最低(图1-B)。

PS II天线色素的非光化学能量耗散,会导致 $F_o$ 下降;而PS II反应中心的破坏或可逆失活,则可引起 $F_o$ 的增加,所以该参数的变化趋势可以反映出引起这种变化的内在机制<sup>[4]</sup>。不同程度的干旱胁迫使草莓叶片叶绿素荧光参数 $F_o$ 存在着一定的转折,说明草莓叶片PS II天线色素吸收的能量流向光化学的部分减少,以热耗散和荧光形式散失的能量增加。表明,极端胁迫对草莓叶片的光合机构有一定的破坏。

### 3.2 PS II最大光化学效率( $F_v/F_m$ )和PS II实际光化学效率( $Yield$ )的变化

$F_v/F_m$ 是PS II最大光化学量子产量,代表了PS II反应中心的内禀光能转换效率的变化情况。从草莓叶的叶绿素荧光参数变化(图1-C)可以看出,随着施水量的增加, $F_v/F_m$ 呈现出先上升,再下降的趋势。其中,在施水梯度为T<sub>8</sub>时最高,梯度为T<sub>10</sub>和T<sub>1</sub>最低(图1-C)。 $F_v/F_m$ 是PS II光化学效率的指标,非胁迫条件下叶片此种指标变化极小,接近0.8<sup>[4]</sup>。本试验对 $F_v/F_m$ 测定结果表明,施

水梯度 8 的  $F_v/F_m$  值接近于 0.8,表明在这个梯度下,草莓叶片受水胁迫较小或者没有。处理 1 和 10 最小。表明,前者受到严重的干旱胁迫,后者受到严重的淹水胁迫。

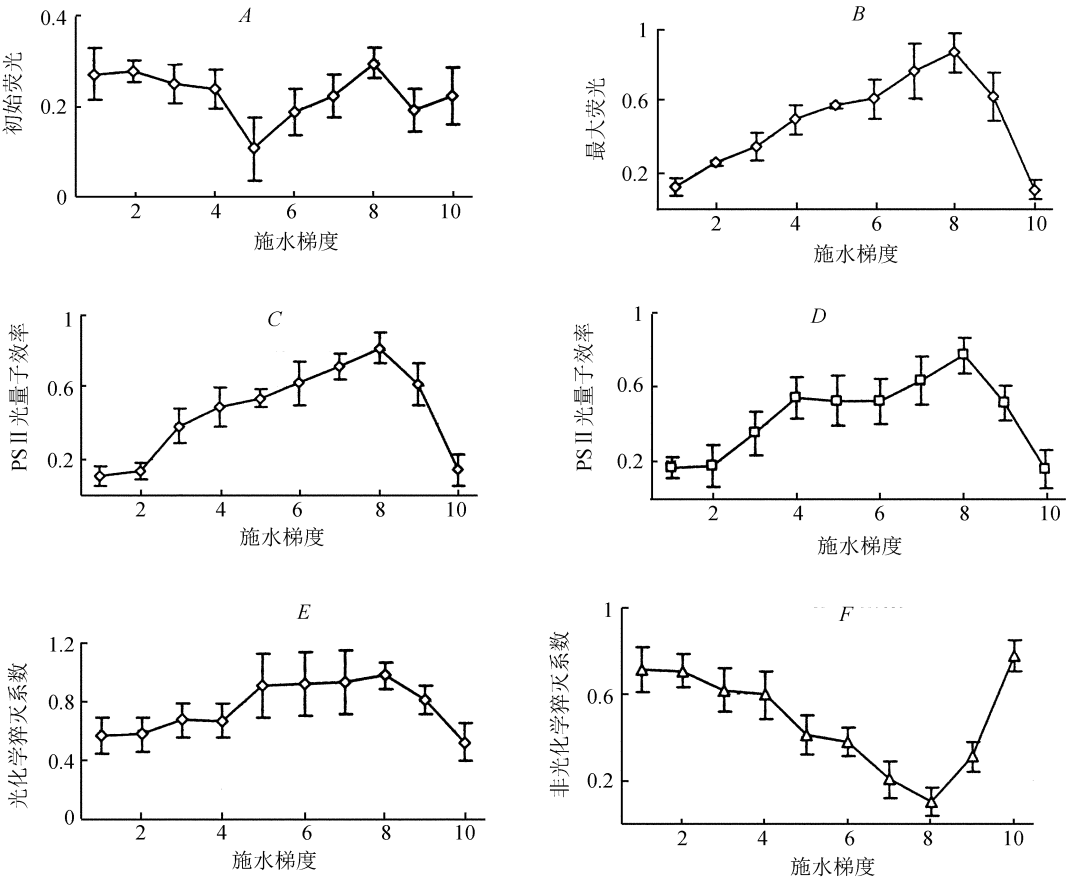


图 1 不同施水梯度下草莓叶绿素荧光的变化

$Yield$  为 PS II 的有效量子产量,它反映 PS II 反应中心在有部分关闭情况下的实际原初光能捕获效率,叶片不经过暗适应在光下直接测得,可作为植物光合电子传递速率快慢的相对指标。从 1-D 可以看出,不同施水梯度下,PS II 实际光化学效率存在着变化。随着施水量的增加, $Yield$  呈现出先上升,再下降的趋势。其中,在施水梯度为  $T_8$  时最高,梯度为  $T_{10}$  和  $T_1$  最低。

3.3 光化学淬灭系数( $qP$ ) 和非光化学淬灭系数( $qN$ ) 的变化

荧光淬灭分为光化学淬灭和非光化学淬灭两种。从图 1-E 和 1-F 可看出,随着施水量的增加, $qP$  呈现出先上升,再下降的趋势。其中, $qN$  在施水梯度为  $T_8$  时最高,梯度为  $T_{10}$  和  $T_1$  最低。 $qN$  与  $qP$  刚好相反,即随着施水量的增加, $qN$  呈现出先下降后上升的趋势。其中, $qN$  在施水梯度为  $T_8$  的最低,梯度为  $T_{10}$  和  $T_1$  最高。光化学淬灭系数  $qP$  是对 QA 氧化态和 PS II 反应中心开放部分比例的度量; $qN$  反映了光合膜的能量化作用<sup>[5]</sup>。严重胁迫下  $qP$  下降说明胁迫降低了 PS II 反应中心开放部分的比例并相应提高了关闭部分的 PS II 反应中心比例,抑制 PS II 氧化侧向 PS II 反应中心的电子流动,进而导致 PS II 电子传递量子产量 PS II 的降低。

4 结论

逆境胁迫对植物光合作用的影响是多方面的,不仅直接引发光合机构的损伤,同时也影响光合

电子传递及与暗反应有关的酶活性。利用叶绿素荧光诱导动力学方法可以快速、灵敏、无损伤探测逆境胁迫对植物光合作用的影响。保持土壤含水量为田间最大持水量的 80% ( $T_8$ ) 时的最大荧光 ( $F_m$ )、PS II 最大光化学效率 ( $F_v/F_m$ )、PS II 实际光化学效率 ( $Yield$ )、光化学猝灭系数 ( $qP$ ) 最高, 表明保持土壤含水量为田间最大持水量的 80% 较有利于草莓的生长。

## 参考文献

- [1] Krause G H, Weis F. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis: the Basics[J]. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 1991, **42**: 313—349.
- [2] 韩志国, 雷腊梅, 韩博平. 光-暗循环中三角褐指藻和具齿原甲藻快速光曲线的变化[J]. *热带海洋学报*, 2005, **24**(6): 13—21.
- [3] 路丙社, 白志英, 孙浩元等. 土壤含水量对阿月浑子叶片净光合速率及叶绿素荧光参数的影响[J]. *棉花学报*, 2005, **17**(3): 189—190.
- [4] Bjoerkman O, Demmig B. Photon Yield of  $O_2$  Evolution and Chlorophyll Fluorescence Characteristics at 77K Among Vascular Plant of Diverse origins[J]. *Planta*, 1987, **170**(4): 489—504.
- [5] Powles S B. Photoinhibition of Photosynthesis Induced by Visible Light[J]. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 1984, **35**: 15—44.

## Effects of Water Stress on Chlorophyll Fluorescence Parameters of *Fragaria* $\times$ *Ananassa* Duch. Cv. Toyonoka

DUAN Ren-Yan WU Gan-Lin WANG Zhi-Gao WU Li-Feng

(School of Life Science, Anqing Teachers College, Anqing, Anhui 246011, P. R. China)

**Abstract** The experiments for the effects of soil water content level on chlorophyll fluorescence parameters were conducted with *Fragaria*  $\times$  *Ananassa* Duch. cv. Toyonoka. There were significant differences in the chlorophyll fluorescence parameters was along with increase of water supply. The activity of PS II was reduced, when there was too much or too little water in the soil. When the soil water content was 80% of field maximum capacity. The parameters of chlorophyll fluorescence in the leaves, such as the maximal fluorescence ( $F_m$ ), conversion efficiency of primary light energy ( $F_v/F_m$ ) of PS II, the chemical yield of PS II natural light ( $Yield$ ) and the photo-chemical quenching coefficient ( $qP$ ), were obtained the highest. The soil water content is 80% of field maximum capacity, that is the best condition for growth of *Fragaria*  $\times$  *ananassa* Duch. cv. Toyonoka.

**Key words** *Fragaria*  $\times$  *Ananassa* Duch. Cv. Toyonoka; Chlorophyll Fluorescence Parameters; Water Stress

## 欢迎有敬业精神的同志自荐为本刊编委

本刊编委产生的方式有三种: 自荐、推荐和聘请, 自荐是本刊提倡的方式。凡不计报酬、乐意献身于科技期刊出版事业、基本具有副高级以上技术职称、对本刊有所贡献的同志, 都可以自荐为本刊编委。

自荐者, 请将本人简历发至 氦谱实验室编辑部电子邮箱: gpsy\_s@periodicals.net.cn

氦谱实验室编辑部