

# 夏季干旱对桔梗叶绿素荧光动态的影响

陈 兰 兰, 郭 圣 茂, 姚 春 娟, 赖 晓 莲, 吴 佳 敏, 熊 光 康

(江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

**摘 要:**以桔梗为试材,利用 PAM-2500 对其叶绿素荧光特性在夏季干旱条件下的动态变化进行了研究,探讨夏季干旱对桔梗叶绿素荧光动态的影响。结果表明:桔梗的荧光参数在夏季的3个月中变化趋势基本一致。叶片的部分  $F_v/F_m$  值低于正常水平,说明夏季干旱使桔梗受到了光抑制,导致其 PSII 的原初光能转换效率受到抑制,直接影响了植物光合作用的电子传递。

**关键词:**桔梗;夏季;叶绿素荧光;动态变化

**中图分类号:**Q 949.95 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)13-0081-04

水是制约植物生长、繁殖和持续的主要限制因子,是研究干旱条件下植物生理变化的重要理论依据<sup>[1]</sup>。叶绿素的荧光特性能够通过植物的光化学反应,指示出影响植物生理作用的各种因素,如季节、物种、环境和样品情况等<sup>[2]</sup>。随着叶绿素荧光理论和测定技术在近几年的快速发展,极大地推动了植物光合作用的原初反应以及光合机理方面的研究,使关于植物体内的叶绿素荧光动力学的研究成为热点,并且在高温、干旱、强光和低温等逆境相关生理研究中有了广泛的应用<sup>[3-4]</sup>。

桔梗 (*Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC.) 属桔梗科桔梗属多年生草本植物,别名铃铛花,为我国传统中药,以根入药,具有宣肺祛痰、利咽的功效,是止咳祛痰要药。桔梗也是我国东北及朝鲜、韩国、日本等国的常用蔬菜。同时,桔梗的花期长,花色艳,花形漂亮,是很好的观赏花卉。因此,桔梗是药、食、观赏兼用型的经济植物<sup>[5]</sup>。目前,对桔梗的研究多集中在化学成分<sup>[6]</sup>、药理研究<sup>[7]</sup>、种子萌发<sup>[8-9]</sup>和施肥处理<sup>[10-11]</sup>等方面,而针对桔梗的荧光特性变化的研究却鲜见报道。现以桔梗为试材,采用叶绿素荧光仪研究了桔梗的夏季荧光特性,探讨夏季干旱对桔梗的影响,以期在桔梗在夏季干旱条件下的管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试一年生桔梗,种植在江西农业大学中药园内,使其在自然的条件下生长,进行常规管理,生长良好,不做遮阴处理。

### 1.2 试验方法

2014年6、7、8月中下旬,每月选择相邻的2个晴天,随机选取健康的桔梗3株,使用 PAM-2500 便携式调制叶绿素荧光仪对每株的中上部叶片进行测定,测定前先对测试叶片进行暗适应 20min,用铅笔轻画一条线用以保证测定时每次都能夹在相同位置,同时确保测定时,桔梗叶片的自然生长角度不变<sup>[12]</sup>,测定时间为 8:00—18:00,2 h 测定 1 次,每株重复 3 片叶。测定的荧光参数主要有:初始荧光  $F_0$ 、最大荧光  $F_m$ 、原初光能转换效率  $F_v/F_m$ 、光化学淬灭系数  $qP$  和非光化学淬灭系数  $NPQ$ 。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2007 进行数据整理和图表的绘制,SPSS 17.0 对试验数据进行统计分析。采用单因素方差分析法和 Duncan 多重比较法分析不同处理间平均值的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 初始荧光 $F_0$ 的夏季变化

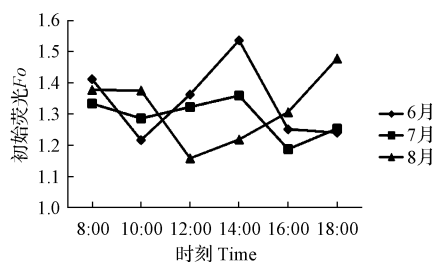
初始荧光  $F_0$  是所有的 PSII 反应中心在暗适应结束后处于完全开发状态下的荧光强度,能够真实地反映 PSII 反应中心的天线色素在被激发后的电子密度<sup>[13]</sup>。从图 1 可以看出,桔梗叶片的  $F_0$  在 6 月和 7 月呈降→升→降→升趋势,在 8 月呈升→降→升趋势。3 个月中, $F_0$  的最大值出现在 6 月的 14:00,且  $F_0$  在 6 月和 8 月的全天变幅最大,均为 0.32。

**第一作者简介:**陈兰兰(1991-),女,江西南昌人,硕士研究生,研究方向为森林培育。E-mail:www.lanlanchen@163.com.

**责任作者:**郭圣茂(1970-),男,博士,副教授,研究方向为林业生态工程。E-mail:12155y838@qq.com.

**基金项目:**中央财政林业科技推广示范资金资助项目(JXTG [2013]11 号)。

**收稿日期:**2015-01-26

图1 初始荧光  $F_o$  的夏季变化Fig. 1 Variation of  $F_o$  in summer

从表1 方差分析可以看出,6、7、8月的  $F_o$  在8:00 不存在显著性差异,在14:00 存在显著性差异,且6月值最大,7月次之。其它时刻的  $F_o$  在6、7月间均不存在显著性差异,在18:00 时,8月的  $F_o$  显著性大于6月和7月。

## 2.2 最大荧光 $F_m$ 的夏季变化

最大荧光  $F_m$  是已经完成暗适应的光合作用机构PSII反应中心在完全关闭状态下的荧光强度,可以反映PSII的电子传递情况<sup>[14]</sup>。从图2可以看出, $F_m$  在6月

表1

桔梗叶片的夏季荧光动态变化

Table 1

Variation of fluorescence characteristics of *Platycodon grandiflorus* in summer

指标 Indicators	月份 Month	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
$F_o$	6	1.41bc	1.22fgh	1.36cd	1.54a	1.25efgh	1.24efgh
	7	1.33cde	1.29def	1.32cde	1.36cd	1.19gh	1.25efg
	8	1.38cd	1.38cd	1.16h	1.22fgh	1.31def	1.48ab
$F_m$	6	6.49a	5.4bcde	4.75efgh	5.10defgh	5.11defgh	4.85efgh
	7	5.94abcd	5.35bcdef	4.77efgh	4.47fgh	4.27h	5.25cdefg
	8	6.04abc	5.26cdefg	4.50fgh	4.47gh	4.82efgh	6.16ab
$F_v/F_m$	6	0.78a	0.77ab	0.71cd	0.70d	0.75abc	0.74abcd
	7	0.78ab	0.76abc	0.72bcd	0.70d	0.72bcd	0.76abc
	8	0.77ab	0.73abcd	0.74abcd	0.73bcd	0.72bcd	0.76abc
$qP$	6	0.56abc	0.58ab	0.53abc	0.68a	0.54abc	0.42bcde
	7	0.48bcd	0.50bcd	0.50bcd	0.51abcd	0.57abc	0.5bcd
	8	0.34de	0.35de	0.35de	0.40cde	0.46bcde	0.29e
$NPQ$	6	0.52a	0.45a	0.45a	0.45a	0.44a	0.48a
	7	0.47a	0.47a	0.47a	0.44a	0.42ab	0.46a
	8	0.27c	0.33bc	0.28c	0.29c	0.27c	0.28c

注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters mean significant difference among treatments at 0.05 level.

呈降→升→降的趋势,7月和8月呈先下降后上升的趋势。每月  $F_m$  的最小值出现时间有所差异,6月的最小值出现在12:00,7月时出现在16:00,8月则为14:00。

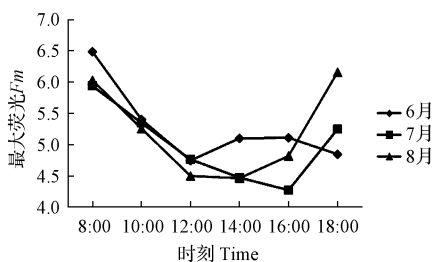
图2 最大荧光  $F_m$  的夏季变化Fig. 2 Variation of  $F_m$  in summer

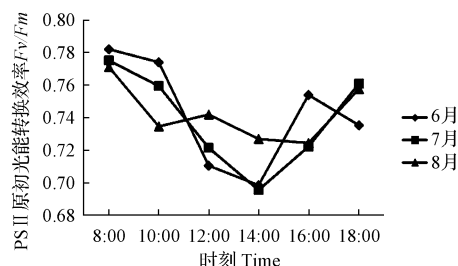
表1 方差分析结果表明,6、7月的  $F_m$  在任意时刻都不存在显著性差异,在18:00 时,8月的  $F_m$  显著性大于6月和7月,其它各个时刻,3个月的  $F_m$  均不存在显著性差异。

## 2.3 原初光能转换效率 $F_v/F_m$ 的夏季变化

$F_v/F_m$  是PSII反应中心的最大光化学量子产量,反映了PSII反应中心的内禀光能转换效率或者称为最

大PSII反应中心的光能转换效率<sup>[14]</sup>,能够反映植物发生光抑制的程度,其值越低就说明发生光抑制的程度就越高<sup>[15]</sup>。

从图3可以看出,夏季3个月的原初光能转换效率  $F_v/F_m$  在6月呈降→升→降的趋势,7月呈先下降后上升的趋势,8月呈降→升→降→升的趋势。6月和7月的最小值出现在14:00,8月的最小值出现在16:00,但与6、7月的最小值无显著性差异。由表1可知,全天任意时刻的  $F_v/F_m$  在6、7、8月之间均不存在显著性差异。

图3 原初光能转换效率  $F_v/F_m$  的夏季变化Fig. 3 Variation of  $F_v/F_m$  in summer

## 2.4 光化学淬灭系数 $qP$ 的夏季变化

光化学淬灭系数  $qP$  反映的是 PSII 天线色素吸收的光能被用于进行光化学电子传递的量,如要保持较高的光化学淬灭系数就要使 PSII 反应中心处在“开放”状态,所以光化学淬灭系数又在一定的程度上反映了 PSII 反应中心的开放程度<sup>[15]</sup>。由图 4 可知,夏季干旱条件下,6、7、8 月的  $qP$  基本呈先上升后下降的趋势,说明随着光照的增加,PSII 的电子传递活性也在逐步增强。从总体上看,8 月全天任意时刻的  $qP$  都小于其它 2 个月。

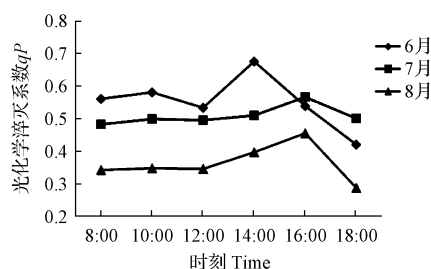


图 4 光化学淬灭系数  $qP$  的夏季变化

Fig. 4 Variation of  $qP$  in summer

方差分析结果表明(表 1),全天中,在 16:00 和 18:00 时,6 月和 8 月的  $qP$  值不存在显著性差异,其它时刻,6 月的  $qP$  值均显著性高于 8 月。

## 2.5 非光化学淬灭系数 $NPQ$ 的夏季变化

非光化学淬灭系数  $NPQ$  反映的则是 PSII 天线色素吸收的光能不能用于光合作用电子的传递而是以热能的形式耗散掉的部分。PSII 反应中心的天线色素若吸收了过量的光能容易对光合作用机构造成破坏,所以植物的非光化学淬灭是一类自我保护机制,可以对光合作用机构起保护作用<sup>[16]</sup>。由图 5 可知,8 月全天任意时刻的  $NPQ$  都显著小于 6 月和 7 月,而 6、7 月之间的  $NPQ$  在任意时刻都不存在显著性差异(表 1)。

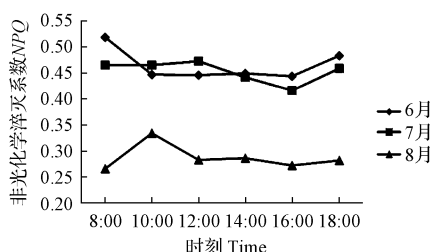


图 5 非光化学淬灭系数  $NPQ$  的夏季变化

Fig. 5 Variation of  $NPQ$  in summer

## 3 结论与讨论

在植物叶片的叶绿素荧光参数中,PSII 反应中心的原初光能转换效率  $Fv/Fm$  可以反映 PSII 反应中心在开放状态下捕获激发能的效率,这一指标是研究植物胁迫的重要参数<sup>[17]</sup>。许多研究表明, $Fv/Fm$  和植物的生长状态表现高度的正相关<sup>[18]</sup>。当植物处在非逆境的条件

下,该参数的变化比较小,一般是 0.75~0.85,不受物种以及生长条件的影响<sup>[19]</sup>,但是在逆境或者受伤害的时候会明显的降低<sup>[20]</sup>。

该试验中,桔梗叶片的  $Fv/Fm$  为 0.70~0.78,部分值有所降低,表明夏季的高光强、高温和干旱使桔梗受到了光抑制,PSII 的原初光能转换效率受到抑制,直接影响了植物光合作用的电子传递。因此,在夏季干旱条件下,要及时浇水和适当遮荫以减少夏季环境对桔梗植株的抑制。

## 参考文献

- [1] 刘海燕,李吉跃,赵燕,等. 干旱胁迫对 5 个种源沙柳气体交换及水分利用效率的影响[J]. 干旱区研究,2007,24(6):815-820.
- [2] Schreiber U, Bilger W, Neubauer C. Chlorophyll fluorescence as a non-destructive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis[J]. Ecol Stud, 1994, 100:49-70.
- [3] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16(4):444-448.
- [4] Van K O, Snel J F H. The use of chlorophyll nomenclature in plant stress physiology[J]. Photosynthesis Research, 1990, 25(3):147-150.
- [5] 刘自刚,胡天明,杨亚丽,等. 桔梗花粉萌发与花粉管生长研究[J]. 植物研究, 2011, 31(3):271-276.
- [6] 李凌军,刘振华,陈赞,等. 桔梗的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(18):1506-1509.
- [7] 李婷,徐文珊,李西文,等. 中药桔梗的现代药理研究进展[J]. 中药药理与临床, 2013, 29(2):205-208.
- [8] 陈兰兰,郭圣茂,赖晓莲,等. 干旱、时间及其互作对桔梗种子萌发的影响研究[J]. 北方园艺, 2014(15):170-172.
- [9] 刘自刚,沈冰,张雁. 桔梗种子萌发对低温、干旱及互作胁迫的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(8):2615-2622.
- [10] 王静,王渭玲,徐福利,等. 氮磷钾对桔梗生长及次生代谢产物的影响[J]. 草业科学, 2012, 29(4):586-591.
- [11] 祝丽香,王建华,耿慧云,等. 桔梗的干物质累积及氮、磷、钾养分吸收特点[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1):197-202.
- [12] 郑淑霞,上官周平. 8 种阔叶树种叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J]. 生态学报, 2006, 26(4):1080-1087.
- [13] 李晓,冯伟,曾晓春,等. 叶绿素荧光分析技术及应用进展[J]. 西北植物学报, 2006, 26(10):2186-2196.
- [14] 吴甘霖,段仁燕,王志高,等. 干旱和复水对草莓叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(14):3941-3946.
- [15] 张永霞,李国旗,闫伟兄,等. 红麻和白麻叶绿素荧光日变化研究初探[J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(5):50-53.
- [16] 段仁燕,吴甘霖,黄振波,等. 草莓叶绿素荧光参数日变化的研究[J]. 生物学报, 2009, 26(5):69-70, 73.
- [17] 李敦海,宋立荣,刘永定. 念珠藻葛仙米叶绿素荧光与水分胁迫的关系[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(3):205-208.
- [18] Farage P K, Long S P. The occurrence of photoinhibition in an over-wintering crop of oil-seed rape (*Brassica napus* L.) and its correlation with changes in crop growth[J]. Plant, 1991, 185(2):279-286.
- [19] Csintalan Z, Tuba Z, Proctor M C F. Chlorophyll fluorescence during drying and rehydration in the mosses *Rhytidiadelphus loreus* (Hedw.) Warnst, *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. Tayl and *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm[J]. Annals of Botany, 1999, 84(2):235-244.
- [20] 许大全,张玉忠,张荣铤. 植物光合作用的光抑制[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(4):237-243.

DOI:10.11937/bfyy.201513025

# 郁金香引种及露地越冬后生长发育性状研究

苏君伟, 屈连伟, 崔玥晗, 张艳秋, 邢桂梅, 王伟东

(辽宁省农业科学院 花卉研究所, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:**以从荷兰引种到沈阳地区的 16 个郁金香品种为试材,对露地越冬后的生物学性状进行观察和统计,研究郁金香生长发育的性状。结果表明:在沈阳地区大多数的郁金香品种在 3 月下旬萌发,4 月中旬前后各品种基本能用肉眼观察到花蕾,始花期集中在 4 月 15—22 日。品种‘Senora’、‘Cum Laude’、‘Ravani’、‘Canasta’、‘Mount Tacoma’和‘Black Parrot’的花期较长,达到 15 d 或以上,是布展和城市绿化的理想品种。品种‘Golden Apeldoorn’、‘Triumph Blue’和‘Purple Dream’株高都超过了 40.0 cm,可以用作切花生产。品种‘Red Baby Doll’、‘Uncle Tom’和‘Canasta’的植株高度均在 20.0 cm 以下,是理想的盆栽品种。品种‘Blue Parrot’的繁殖能力最强,总繁殖率达到 620.0%,品种‘Crystal Beauty’和‘Crystal Star’,开花球繁殖率最高,分别为 220.0%和 200.0%。

**关键词:**郁金香;种球;物候期;生物学特性;繁殖特性

**中图分类号:**S 682.2<sup>+</sup>63 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)13-0084-04

郁金香(*Tulipa gesneriana* L.)属百合科(Liliaceae)郁金香属(*Tulipa* L.)球根花卉,又名洋荷花、草麝香、金香等。郁金香是世界名花<sup>[1]</sup>,在国外有悠久的栽培历史,尤其是荷兰,已有 400 多年的栽培历史<sup>[2]</sup>。我国从 20 世纪 80 年代开始从国外引进郁金香种球,进行栽培

试验<sup>[3-5]</sup>。目前,北京、西安、杭州、上海、沈阳等许多城市都开展了郁金香引种试种的研究<sup>[6-13]</sup>,但对沈阳地区郁金香种球露地越冬后生长发育性状的研究较少。现以从荷兰引进的 16 个郁金香品种为试材,经露地越冬后,研究郁金香生长发育的性状,以期对辽宁地区郁金香的展示栽培及种球繁育工作提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试郁金香品种于 2013 年 9 月从荷兰引进,全部为未经低温处理的自然球,种球周径大于 12 cm,具体品种名称见表 1。

**第一作者简介:**苏君伟(1959-),男,研究员,现主要从事观赏园艺植物新品种选育及高效栽培技术示范与推广工作。E-mail:2797627535@qq.com。

**基金项目:**中华人民共和国人力资源和社会保障部留学人员科技活动项目择优资助项目([2014]23);沈阳市国际科技合作专项资助项目(F15-178-6-00)。

**收稿日期:**2015-01-23

## Study on Fluorescence Characteristics Variation of *Platycodon grandiflorus* Leaves in Summer Drought

CHEN Lanlan, GUO Shengmao, YAO Chunjuan, LAI Xiaolian, WU Jiamin, XIONG Guanggang  
(College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

**Abstract:** Taking *Platycodon grandiflorus* as material, the dynamic variation of chlorophyll fluorescence characteristics of *Platycodon grandiflorus* in summer by using PAM-2500 was studied. The results showed that fluorescence parameters of *Platycodon grandiflorus* had the same change trend in the three months of summer. Among them, parts of  $F_v/F_m$  values were lower than normal level, it showed that *Platycodon grandiflorus* were enduring photo inhibition in summer, primary energy conversion efficiency of the PSII was inhibited, which directly affected the electron transfer.

**Keywords:** *Platycodon grandiflorus*; summer; chlorophyll fluorescence; dynamic variation