

# 金钟藤叶绿素荧光特征初探

练琚藩, 徐志防\*, 叶万辉, 韩玉杰, 曹洪麟

(中国科学院华南植物园, 广州 510650)

**摘要:** 利用叶绿素荧光技术初步观测了金钟藤在不同作用光下的光合生理特征, 并对其离体叶片在低温、高温及脱水胁迫下的光能利用状况作了比较。结果显示, 随着作用光强的增加, 叶片  $F_v/F_m'$ 、 $qP$  和  $\Phi PS II$  呈下降趋势,  $qN$  和  $NPQ$  表现为上升。离体叶片在  $5^\circ C$  处理 6 h 后, 其  $F_v/F_m'$ 、 $qP$  和  $\Phi PS II$  高于  $25^\circ C$  和  $45^\circ C$  处理的, 而  $NPQ$  在  $5^\circ C$  和  $45^\circ C$  处理 6 h 后明显低于对照 ( $25^\circ C$ ),  $qN$  则略有降低。离体叶片脱水胁迫 12 h 后, 仍有一定的光能转化能力, 但脱水 24 h 和 36 h 后,  $qP$ 、 $\Phi PS II$ 、 $qN$ 、 $NPQ$  都明显下降。这表明金钟藤对于环境因子, 如光强、温度及水分的变化具有较强的适应性, 这可能是其在森林中能快速蔓延扩散的一个重要原因。

**关键词:** 金钟藤; 叶绿素荧光; 适应性

中图分类号: Q 945.11

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2005)05-0443-04

## The Characteristics of Chlorophyll Fluorescence in *Merremia boissiana*

LIAN Ju-yu, XU Zhi-fang\*, YE Wan-hui, HAN Yu-jie, CAO Hong-lin

(South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** *Merremia boissiana* (Gagnep.) V. Ooststr. (Convolvulaceae) is an invasive plant that newly appeared in a forest plantation near Guangzhou. The photosynthesis characteristic observed by using chlorophyll fluorescence technique in this plant was examined under different actinic lights, and the light utilization was measured in detached leaves under different stress of low or high temperatures and dehydration. The results showed that the chlorophyll fluorescence parameters  $F_v/F_m'$ ,  $qP$  and  $\Phi PS II$  decreased with the increase of actinic light intensity, but  $qN$  and  $NPQ$  increased. When detached leaves were treated for 6 hours at  $5^\circ C$ , the  $F_v/F_m'$ ,  $qP$  and  $\Phi PS II$  were higher than those at  $25^\circ C$  and  $45^\circ C$ . However, if detached leaves were treated for 6 hours at  $5^\circ C$  and  $45^\circ C$ , the  $NPQ$  was evidently lower than those at  $25^\circ C$  (control), and the  $qN$  reduced a little. Being dehydrated for 12 hours, the detached leaves still had certain ability of light energy conversion. Whereas the values of  $qP$ ,  $\Phi PS II$ ,  $qN$  and  $NPQ$  were significantly decreased after the leaves were dehydrated for 24 and 36 hours. It is shown that *Merremia boissiana* has strong adaptability to different light intensity, temperature and water conditions, which may be an important cause of its rapid dispersal in forests.

**Key words:** *Merremia boissiana*; Chlorophyll fluorescence; Adaptability

近年来在广州市东北郊龙洞林场出现一种入侵植物金钟藤, 对当地森林植被造成了极大破坏, 其危害程度不亚于几年前发现的外来入侵植物薇

甘菊。金钟藤 (*Merremia boissiana* (Gagnep.) V. Ooststr.) 主要分布于我国海南、云南、广西等省区, 为旋花科 (Convolvulaceae) 鱼黄草属植物, 属多年

收稿日期: 2005-01-11 接受日期: 2005-06-27

基金项目: 广州市林业局林业科技计划项目 (LYJ0506); 广东省自然科学基金重点项目 (05200701) 资助

\* 通讯作者 Corresponding author

生木质大型藤本植物<sup>[1,2]</sup>。由于金钟藤主要侵害森林植被,因此又被形象地称为“森林杀手”。

由于金钟藤的蔓延扩散出现不久,对其准确的入侵时间、途径以及生理生态学特性还不清楚。本文从金钟藤光合生理特性着手,利用叶绿素荧光技术对其在不同光照、温度、水分条件下的光能利用特征进行分析,以了解与其生长扩散密切相关的光能转换与耗散机制,为揭示其生长特性提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 植物材料

2004 年 12 月初取自广州市东北郊龙洞林场山谷坡地,选取成熟度较为一致的金钟藤叶片进行叶绿素荧光测定,同时剪取叶片回实验室进行温度和水分胁迫处理,再观测其叶绿素荧光特征的变化。

### 1.2 实验仪器

所用仪器主要有 Li-cor6400 光合作用测量仪、培养箱等。

### 1.3 叶绿素荧光测定

在天气晴朗、温度为 20–25℃ 和 CO<sub>2</sub> 浓度为 380–400 μmol mol<sup>-1</sup> 条件下,分别在上午阳光照射前和中午强光照射后两个时段内,测定金钟藤叶片叶绿素荧光的变化情况。测定前用黑色不透光的胶袋套住所测叶片,使之暗适应至少 20 min,以便得到较准确的荧光测量参数。手动程序测量前,暗测量光设为 0.04 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>,调制频率为 0.25 kHz,用于测量 Fo (暗适应最小荧光)。饱和光脉冲约为

7 000 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>,调制频率为 20 kHz,脉冲时间 0.8 s,用于测量 Fm (暗适应最大荧光)。作用光强分别设为 400、800、1 200 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>,用于驱动叶片的光合作用。叶片光适应且荧光产量稳定后测定 Fm' (光适应最大荧光)。远红外光设为 6–7 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>,调制频率为 0.25 kHz,用于驱动 PS I 吸收 PS II 的电子,起到快速暗适应的作用之后测量 Fo' (光适应最小荧光)。

### 1.4 离体叶片温度及脱水胁迫处理

取回叶片插于水中,一组放置于培养箱中分别在 5℃、45℃ 下暗处理 6 h 后取样测定,以 25℃ 培养作对照;另一组处于自然脱水状态,分别在脱水 12、24、36 h 后取样测定,以未脱水处理的作对照。以上两组叶片胁迫处理后的荧光测定均在温度 25℃、作用光强 400 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> 下进行。

上述每项测定至少重复 3–5 次,所测数据用 Excel 进行统计并作 t 检验、分析其差异显著性。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同作用光下的叶绿素荧光特征

从表 1 中可看出,经过夜晚的暗适应后,金钟藤叶片上午的光系统 II (PS II) 光化学效率 Fv/Fm 为 0.8,与其它植物的没有太大区别,从光能吸收传递能力上看表现较为正常。经过中午较高光强 (1 000 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> 以上) 的照射后,下午叶片的 Fv/Fm 平均为 0.72 左右,下降幅度为 10%,表现出轻微的光抑制现象。

表 1 金钟藤叶片在不同作用光下的叶绿素荧光参数

Table 1 Chlorophyll fluorescence parameters in *Merremia boissiana* leaves under different actinic lights

时间 Time	作用光强 Actinic light intensity (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Fv/Fm	Fv'/Fm'	ΦPS II	qP	qN	NPQ
上午 a.m.	400	0.795±0.013	0.524±0.027	0.280±0.026	0.534±0.057	0.760±0.018	1.663±0.135
	800	0.795±0.007	0.496±0.033	0.147±0.012	0.297±0.003	0.790±0.030	1.889±0.242
	1200	0.800±0.022	0.381±0.058	0.135±0.031	0.362±0.096	0.879±0.03	2.841±0.390
下午 p.m.	400	0.752±0.018*	0.432±0.095	0.266±0.120	0.596±0.134	0.808±0.085	1.973±0.626
	800	0.724±0.010**	0.345±0.040**	0.158±0.068	0.447±0.138	0.859±0.031*	2.149±0.382
	1200	0.691±0.098*	0.337±0.021	0.131±0.045	0.384±0.116	0.875±0.014	2.385±0.361

\* P≤0.05, \*\* P<0.01, n≥3

随着作用光强的增加,叶片的有效 PS II 光化学效率  $F_v'/F_m'$  和电子传递量子效率  $\Phi_{PS II}$  呈下降趋势;非光化学猝灭  $q_N$  和非辐射能量耗散  $NPQ$  (也称为非光化学猝灭,反映热耗散的变化)随着作用光的增加而上升,但上午和下午之间没有明显的差异 ( $P>0.05$ ),总体都表现出很高的耗散光能效率(表 1)。值得注意的是,在经过午后强光适应后,下午不同作用光下叶片的光化学猝灭  $q_P$  略高于上午,但两者间的差异不明显 ( $P>0.05$ ),说明金钟藤具有较强的光能转化能力和耐强光损伤的特征。

### 2.2 不同温度胁迫下的叶绿素荧光特征

受野外条件的限制,本项实验只在室内对离体的金钟藤叶片进行逆境胁迫处理,以便能在短时间内获知其适应环境胁迫的基本特征。

表 2 中,5℃处理后的  $F_o$  与对照(25℃)的基本一致,45℃处理后  $F_o$  上升 40%,表明光合膜结构受到较大的破坏<sup>[34]</sup>;经过作用光的适应后,5℃处理的  $F_v'/F_m'$  与对照相比变化不大,而 45℃处理的则下降约 20%;从  $\Phi_{PS II}$  和  $q_P$  的表现来看,以 5℃处理的最高,45℃处理的与对照变化不大。这 4 个荧光参数的变化说明金钟藤叶片在 5℃低温胁迫处理时表现出更高的光能转化效率,45℃高温胁迫处理虽然使叶片受到了损伤,但仍然具有正常的光能转化能力。

从耗散光能过程来看,与 25℃时的热耗散能力比较,叶片在低温和高温胁迫下  $NPQ$  下降程度明显 ( $P<0.05$ ),分别为 26%和 30%。 $q_N$  在两种胁迫处理后只下降约 3%~6%,仍具有很高的非光化学反应能力。

表 2 金钟藤离体叶片在不同温度处理下的叶绿素荧光参数

Table 2 Chlorophyll fluorescence parameters in detached leaves of *Merremia boissiana* under different temperature treatments

温度 (℃) Temperature	$F_o$	$F_v'/F_m'$	$\Phi_{PS II}$	$q_P$	$q_N$	$NPQ$
25 (Control)	135.4±25.3	0.484±0.023	0.281±0.035	0.58±0.057	0.826±0.019	2.307±0.208
5	134.4±33.1	0.497±0.014	0.329±0.059	0.659±0.105	0.770±0.037*	1.696±0.284**
45	190.6±53.3	0.390±0.080	0.230±0.081	0.580±0.114	0.797±0.045	1.596±0.444*

\*  $P\leq 0.05$ , \*\*  $P<0.01$ ,  $n\geq 4$

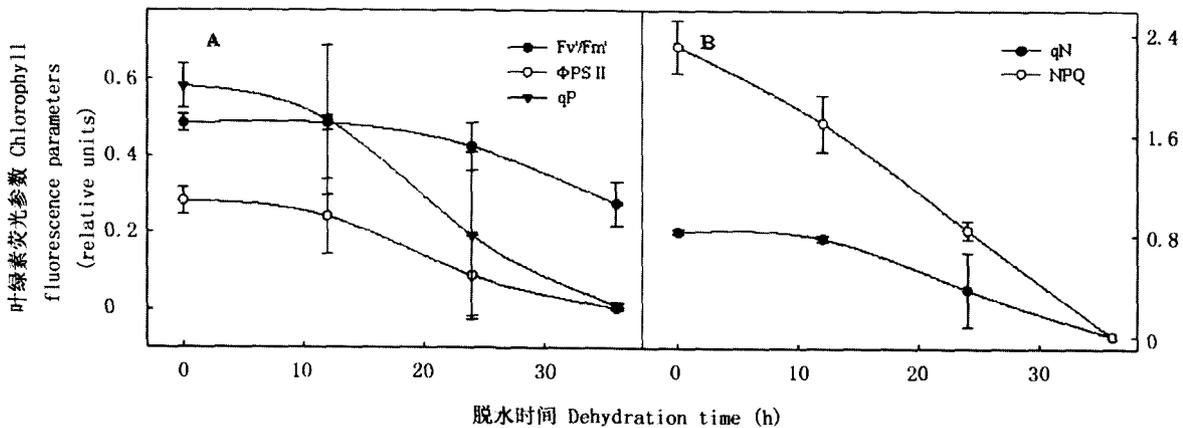


图 1 金钟藤离体叶片在不同脱水时间后的叶绿素荧光参数

Fig. 1 Chlorophyll fluorescence parameters in detached leaves of *Merremia boissiana* dehydrated with different times

### 2.3 脱水胁迫下的叶绿素荧光特征

图 1A 和 B 中,叶片在脱水处理 12 h 后仍然具有较高的光能转化 ( $q_P=0.49$ ) 和非光化学反应 ( $q_N=0.77$ ) 能力,在脱水 24 和 36 h 后,虽然叶片的

有效光化学效率  $F_v'/F_m'$  在 0.27 至 0.42 之间,具有一定的光能吸收能力与电子传递的作用,以及在脱水 24 h 后仍具有耗散光能 ( $NPQ=0.84$ ) 的作用,但吸收的光能被转化为化学能的效率已大幅度降低,

表现为  $\Phi PS II$  和  $qP$  明显下降 ( $P < 0.05$ ), 特别在脱水 36 h 后几乎完全没有光能转化和耗散光能的反应。

实验中还观察到, 在 0 至 24 h 的脱水过程中  $F_o$  由 135 逐渐升高至 155 (上升了 14.8%,  $P > 0.05$ ), 表明金钟藤在一定时间内具有耐干旱能力, 只要有少量的水分, 就能保持正常的光合反应; 但不能长时间处于缺水状态下, 否则会导致其受到不可逆的损伤, 结果显示在脱水 36 h 后  $F_o$  反而降至 104 (下降了 23%,  $P < 0.05$ ), 说明其受到严重损伤, 已丧失了大部分的光能吸收反应。

### 3 讨论

通常, 植物对光能的利用主要表现为以光化学反应转化光能和以荧光、热耗散形式耗散光能, 光化学反应和热耗散的变化可引起叶绿素荧光特征的相应改变, 从荧光特征的变化可获知植物对光能的利用情况<sup>[5,6]</sup>。叶绿素荧光反应由光化学和非光化学猝灭两个过程构成, 光化学猝灭与  $PS II$  的光能转化相关, 而非光化学猝灭与过剩光能的耗散关系密切<sup>[4,7]</sup>。

不同作用光下的叶绿素荧光特征 (表 1) 表明, 金钟藤具有较好的光能转化效率和耗散光能的能力, 说明它在森林里不同时空的光强变化中有着很好的适应能力, 这与其快速生长的特点是相吻合的, 有效的光能利用机制使其能在林间低处快速蔓延和向高处攀援扩散。

根据叶片在低温和高温胁迫下的光能利用情况 (表 2), 初步看出金钟藤对温度变化有较强的适应能力, 尤其对低温的适应较为明显, 这可能是金钟藤在短暂的低温环境中也能快速生长与扩散的原因。

此外, 水分需求固然对入侵植物的生长及扩散很重要, 但 2004 年下半年以来广州市发生严重干旱, 金钟藤在林场中仍然生长旺盛, 说明其自身有发达的吸水调节机能。从野外取材过程中挖出长达数米、粗达 5 cm 以上的木质根状茎, 说明即使在干旱少水的情况下, 金钟藤依靠其发达根状茎组织, 只要有少量的水分存在就能满足其生长扩散的需要。

需要说明的是温度和水分的变化对于金钟藤热耗散能力  $NPQ$  的影响较为明显, 这可能是叶黄素循环中玉米黄质的形成与温度、水分条件间接相关的原因, 而热耗散能力的变化与叶黄素循环密切相关<sup>[8,9]</sup>。金钟藤在热耗散受到胁迫的情况下, 可能转向提高光能转化和其它非光化学反应能力, 反而促进了其对光能的利用, 使其生长更加旺盛。

由此可见, 金钟藤对于广州地区的环境有较强的适应性, 具有较好的光能利用能力, 特别是对森林中光强的变化与环境中温度、水分的变化表现出相当强的适应能力, 这可能是其向周围蔓延扩散并成为入侵植物的重要原因之一。

### 参考文献

- [1] Guangdong Institute of Botany (广东省植物研究所). *Flora of Hainan Volume 3* [M]. Beijing: Science Press, 1974. 483.(in Chinese)
- [2] South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences (中国科学院华南植物研究所). *Flora of Guangdong Volume 4* [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2000. 347.(in Chinese)
- [3] Chen Y Z(陈贻竹), Li X P(李晓萍), Xia L(夏丽), et al. The application of chlorophyll fluorescence technique in the study of responses of plants to environmental stresses [J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*, 1995, 3:79-86.(in Chinese)
- [4] Zhang S R(张守仁). A discussion on chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance [J]. *Chin Bull Bot(植物学通报)*, 1999, 16:444-448.(in Chinese)
- [5] Xu D Q(许大全), Shen Y G(沈允钢). Limited factors of photosynthesis [A]. In: Yu S W(余叔文). *Plant Physiology and Molecular Biology* [C]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 1998. 262-275.(in Chinese)
- [6] Van Kooten O, Snel J F H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology [J]. *Photosynth Res*, 1990, 25:147-150.
- [7] Quick W P, Stitt M. An examination of factors contributing to non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in barley leaves [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1989, 977:287-296.
- [8] Walters R G, Horton P. Resolution of non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching in barley leaves [J]. *Photosynth Res*, 1991, 27:121-133.
- [9] Dong G F(董高峰), Chen Y Z(陈贻竹), Jiang Y M(蒋跃明). Plant xanthophyll cycle and radiationless energy dissipation [J]. *Plant Physiol Commun(植物生理学通讯)*, 1999, 35:141-144.(in Chinese)