

# 野生大豆与栽培大豆荧光特性比较研究

马玉心,崔大练

(浙江海洋学院海洋科学学院,浙江 舟山 316000)

**摘 要:**为了探讨野生大豆与栽培大豆荧光特性的差异,应用调制式荧光仪 PAM2000 分别测定了野生大豆、栽培大豆叶片、荚皮的荧光参数,并作比较。结果表明:野生大豆叶片、荚皮的最大光化学效率  $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$  比栽培大豆小;光化学猝灭系数  $qP$  随着光强度的增加逐渐减小,野生大豆叶片、荚皮的  $qP$  比栽培大豆小;非光化学猝灭系数  $qN$  随光强的增强,逐渐升高,野生大豆叶片、荚皮的  $qN$  大于栽培大豆;实际光化学效率  $\Phi PS II$  随着光照强度的增加逐渐降低,野生大豆叶片、荚皮的  $\Phi PS II$  小于栽培大豆;表观光合电子传递效率 ETR 随着光照强度的增加逐渐增加,野生大豆叶片、荚皮的 ETR 小于栽培大豆。

**关键词:**野生大豆;大豆;荧光特性

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2009)04-0651-04

## Comparison of Chlorophyll Fluorescence Parameters in *Glycine soja* and *Glycine max*

MA Yu-xin, CUI Da-lian

(Marine Science College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, Zhejiang, China)

**Abstract:** To understand the difference of chlorophyll fluorescence parameters of the leave and pod in *Glycine soja* Sieb. and *Glycine max* (L.) Merrill. during reproductive growth stage. *G. max* Dongnong 42 and *G. soja* Yedong 6 were planted in greenhouse, and chlorophyll fluorescence parameters were determined at podding stage by using a modulated fluorometer PAM2000. These parameters including minimum fluorescence of dark adaptation ( $F_o$ ), maximum fluorescence of dark adaptation ( $F_m$ ), stable fluorescence ( $F_s$ ), maximum fluorescence of light adaptation ( $F_m'$ ), minimum fluorescence of light adaptation ( $F_o'$ ), maximal photochemical efficiency of PS II ( $F_v/F_m$ ), effective photochemical efficiency of PS II ( $F_v'/F_m'$ ), actual photochemical efficiency of PS II ( $\Phi PS II$ ), photochemical quenching coefficient ( $qP$ ), non-photochemical quenching coefficient ( $qN$ ), and the electron transfer rate (ETR). The results showed that with the increase of luminous intensity,  $qP$  and  $\Phi PS II$  decreased, while  $qN$  and ETR increased in both leaves and pods. The value of  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_o$ ,  $qP$ ,  $\Phi PS II$ , ETR in leaves and pods of *G. soja* were all lower than that in leaves and pods of *G. max*, while  $qN$  in leaves and pods of *G. soja* were higher than that in leaves and pods of *G. max*.

**Key words:** *Glycine soja*; *Glycine max*; Fluorescence characteristics

野生大豆 (*Glycine soja*) 属于大豆属一年生植物,是栽培大豆 (*Glycine max*) 的原始祖先种。野生大豆在抗性、蛋白质含量、广适性、繁殖系数等方面比栽培大豆具有许多优良性状。光合作用是大豆产量形成的基础,明确野生、半野生大豆的光合特性,对野生大豆资源的开发利用具有一定意义<sup>[1-2]</sup>。

叶绿素荧光分析技术在不伤害叶片的情况下就能探知光合机构的运转状况,自然条件下的叶绿素荧光和光合作用有着十分密切的关系。叶绿素荧光

动力学技术在测定叶片光合作用过程中光系统对光能的吸收、传递、耗散、分配等方面具有独特的作用,与“表观性”的气体交换指标相比,叶绿素荧光参数更具有反映“内在性”的特点<sup>[3]</sup>。因此近几年得到了广泛的应用<sup>[4]</sup>。野生大豆与栽培大豆的光合速率已经有人做过比较,表明野生大豆叶片的光合效率低于栽培大豆,产量明显低于栽培大豆<sup>[2,5]</sup>。但关于野生大豆和栽培大豆的荧光特性的研究未见报道。从野生大豆、栽培大豆的荧光特性角度进一步

收稿日期:2008-12-29

基金项目:浙江海洋学院引进人才科研基金启动资助项目(Q0801)。

作者简介:马玉心(1965-),男,教授,博士,研究方向为植物生理生态学。E-mail: donghai8883@163.com。

分析其光化学特征,为进一步开发野生大豆资源提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

栽培大豆:东农 42;野生大豆:野东 6 号。

1.2 试验设计

试验于 2007 年在东北林业大学帽儿山实验林场温室内进行,采用盆栽试验,培育出东农 42 和野东 6 号的植株。在始粒期,调制式荧光仪 PAM2000 于 9:00 ~ 11:30 测定野生和栽培大豆的成熟功能叶片和荚皮的叶绿素荧光参数。光照强度为 0 ~ 1 000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,温度为 20 ~ 28℃。

1.3 测定项目

利用调制式荧光仪 PAM2000 直接测定荧光诱导动力学参数,叶片经暗适应 20 min 后,首先用弱测定光测定初始荧光  $F_o$ ,随后给一个强闪光(6 000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,脉冲时间 0.7 s)测得最大荧光  $F_m$ ,然后在自然光下适应 20 min,当荧光基本稳定时测定稳态荧光  $F_s$ ,之后加一次强闪光(6 000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,脉冲时间 0.7 s)记录光适应下的最大荧光  $F_m'$ ,同时将叶片遮光,暗适应 3 s 后打开元红光,5 s 后测定  $F_o'$ 。

通过计算,光系统 II (PS II) 最大光能转换效率  $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ ,PS II 的光能捕获效率  $F_v'/F_m' = (F_m' - F_o')/F_m'$ ,PS II 的电子传递量子效率  $\Phi_{\text{ps II}} = (F_m' - F_s)/F_m'$ ,光化学猝灭系数  $qP = (F_m' - F_s)/(F_m' - F_o')$ ,非光化学猝灭系数  $qN = (F_m - F_m')/F_m'$ 。表观光合电子传递效率  $\text{ETR} =$

$\Delta F/F_m' \times \text{PAR} \times 0.15 \times 0.84$ ,其中 PAR 为光合有效辐射 ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),系数 0.15 表示传递 1 个电子需要吸收 2 个光子,系数 0.84 表示在入射的光量子中吸收占 84%。

2 结果与分析

2.1  $F_v/F_o$ 和  $F_v/F_m$

$F_v$  为可变荧光, $F_o$  为最小荧光。 $F_v/F_m$  表示 PS II 最大光化学量子效率<sup>[6]</sup>;可变荧光( $F_v$ )与最小荧光( $F_o$ )的比值( $F_v/F_o$ )可表征 PS II 的潜在活性<sup>[7]</sup>,从表 1 中可以看出,栽培大豆的叶片与豆荚的  $F_v/F_m$  值与  $F_v/F_o$  值均高于野生大豆。

表 1 野生大豆与栽培大豆叶片及豆荚  $F_v/F_m$  的比较  
Table 1 Comparison of  $F_v/F_m$  in *Glycine soja* and *Glycine max* leaves and pod

植物种类 Plant species	$F_v/F_o$	$F_v/F_m$	$F_m$	$F_o$
野生大豆叶片 Leaves of <i>G. soja</i>	1.674528	0.626 ± 0.016	1.134	0.424
栽培大豆叶片 Leaves of <i>G. max</i>	3.066277	0.754 ± 0.082	2.086	0.513
野生大豆豆荚 Pericarp of <i>G. soja</i>	1.573614	0.611 ± 0.034	1.346	0.523
栽培大豆豆荚 Pericarp of <i>G. max</i>	2.951175	0.747 ± 0.056	2.185	0.553

2.2 光化学猝灭系数  $qP$  及非光化学猝灭系数  $qN$

光化学猝灭系数  $qP$  表示总 PS II 反应中心开放的反应中心所占的比例指标,是对 PS II 原初电子受体 QA 氧化态的一种量度。反映 PS II 天线色素吸收的光能用于光化学反应的份额。

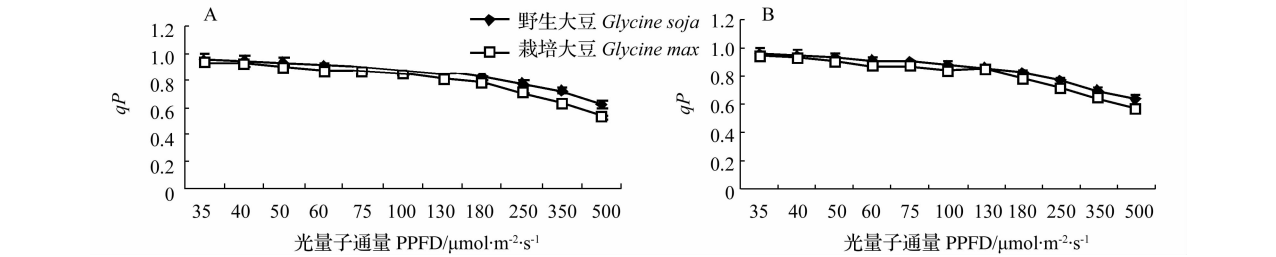


图 1 野生大豆与大豆叶片(A)与豆荚(B)的  $qP$  比较  
Fig. 1 Comparison in  $qP$  in the leaves and pod of *Glycine soja* (A) and *Glycine max* (B)

从图 1 可以看出野生大豆与栽培大豆叶片、荚皮随着光强度的增加, $qP$  逐渐减小。PS II 反应中心开放程度下降。其中野生大豆叶片、荚皮的  $qP$  低于栽培大豆,而且下降幅度比栽培大豆大。

经方差分析表明,野生大豆与栽培大豆荚皮的

$qP$  差异不显著 ( $F = 0.808, F_{\text{crit}} = 4.351$ ),野生大豆与栽培大豆叶片的  $qP$  差异不显著 ( $F = 0.914, F_{\text{crit}} = 4.351$ )。

$qN$  的变化反映热耗散的变化,反映 PS II 天线色素吸收的光能不能用于光化学电子传递,而以热

的形式耗散掉的部分。

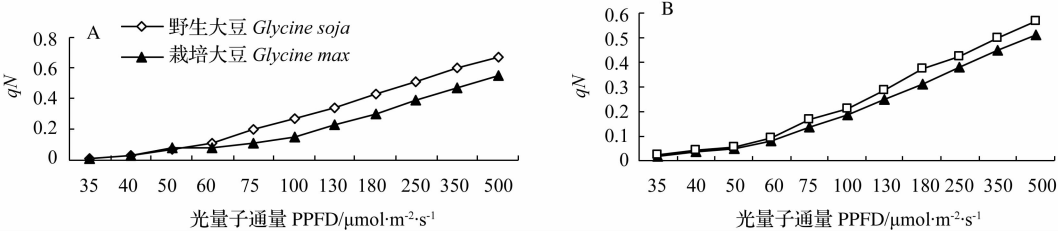


图2 野生大豆与大豆叶片(A)与豆荚(B)  $qN$  比较  
Fig. 2 Comparison in  $qN$  in the leaves and pod of *Glycine soja* (A) and *Glycine max* (B)

从图2可以看出野生大豆与栽培大豆叶片、荚皮的  $qN$  均随光强的增强,逐渐升高,其中野生大豆叶片、荚皮的  $qN$  高于栽培大豆,而且升高幅度大于栽培大豆。在相同光照情况下,野生大豆与栽培大豆荚皮的  $qN$  高于相应的叶片  $qN$ 。

经方差分析表明,野生大豆与栽培大豆荚皮的  $qN$  差异不显著 ( $F = 1.408, F_{crit} = 4.351$ ),野生大豆与栽培大豆叶片的  $qP$  差异不显著 ( $F = 1.414, F_{crit} = 4.351$ )。

$qN$  随着光强度的增加几乎呈直线增加,说明耗散过剩激发能的能力随着光强度的增加而增加<sup>[8]</sup>,从图2可以看出,随着光强的增加,  $qN$  不断增加,但没有出现  $qN$  - 光响应曲线转折点。

2.3 实际光化学效率 ( $\Phi PS II$ )

$\Phi PS II$  表示作用光存在时 PS II 的实际的量子效率,即反应中心电荷分离的实际的量子效率。高  $\Phi PS II$  有利于提高作物的光能转化效率,为暗反应的 C 同化积累更多的能量。

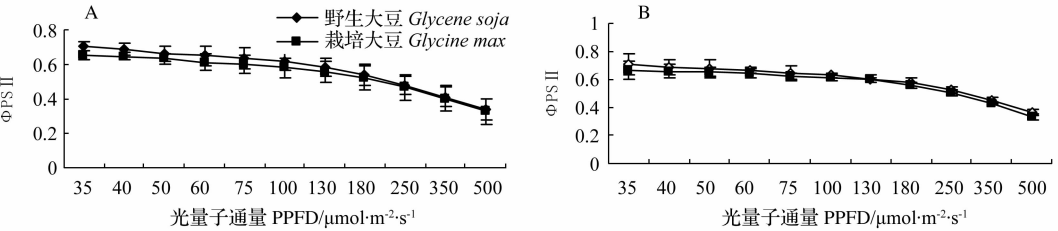


图3 野生大豆与大豆叶片(A)与豆荚(B)实际光化学效率 ( $\Phi PS II$ ) 比较  
Fig. 3 Comparison in the actual photochemical efficiency of PS II in the light ( $\Phi PS II$ ) in the leaves and pod of *Glycine soja* (A) and *Glycine max* (B)

如图3所示,随着光照强度的增加野生大豆与栽培大豆叶片、荚皮的实际光化学效率逐渐降低。野生大豆叶片、荚皮的光化学效率始终低于栽培大豆。

经方差分析表明野生大豆与栽培大豆荚皮的  $\Phi PS II$  差异不显著 ( $F = 0.405, F_{crit} = 4.351$ ),野生大豆与栽培大豆叶片的  $\Phi PS II$  差异不显著 ( $F =$

$0.341, F_{crit} = 4.351$ )。

2.4 表观光合电子传递效率 (ETR)

表观光合电子传递效率 (ETR) 是反映实际光强条件下的表观电子传递效率<sup>[9]</sup>。ETR 用于度量光化学反应导致碳固定的电子传递情况,其值由光强、叶片吸收光系数和有效荧光产量计算得到<sup>[10]</sup>。

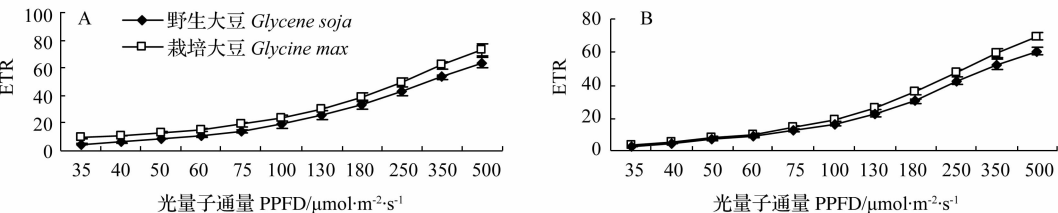


图4 野生大豆与大豆叶片(A)与豆荚(B)表观光合电子传递效率 (ETR) 比较  
Fig. 4 Comparison in the relative transport rate (ETR) in the leaves and pod of *Glycine soja* (A) and *Glycine max* (B)

如图4所示,随着光照强度的增加野生大豆与栽培大豆叶片与荚皮的表观电子传递效率逐渐增

加。栽培大豆的 ETR 值大于野生大豆。  
经方差分析表明野生大豆与栽培大豆叶片的

ETR 差异不显著 ( $F = 0.405, F_{crit} = 4.351$ ), 野生大豆与栽培大豆荚皮的 ETR 差异不显著 ( $F = 0.144, F_{crit} = 4.351$ )。

3 结论与讨论

关于各种胁迫条件下栽培大豆的荧光特性前人曾报道过<sup>[11-13]</sup>。任丽丽等阐述了野生大豆及栽培大豆的荧光动力学曲线差异及最大量子效率的不同点,指出栽培大豆在各种低温弱光条件下最大量子效率始终大于野生大豆<sup>[14]</sup>。本文所得的结论也是栽培大豆的光化学效率大于野生大豆。

李大勇等指出,无论是古代的自然选择进化,还是现代的科学选育进化,表面上是以追求产量为主要目标产生的结果,但实质上是光合作用器官的不断进化,进而增强光合功能,增加作物生物产量<sup>[15]</sup>。栽培大豆从野生大豆进化而来,并且经过人们多代选育,试验数据证明了野生大豆叶片的最大光化学效率  $F_v/F_m$ 、实际光化学效率  $\Phi PS II$ 、表观光合电子传递效率 ETR、光化学猝灭系数  $qP$  等在生殖生长期都比栽培大豆小。

总之,栽培大豆叶片、荚皮的最大光化学效率  $F_v/F_m$ 、实际光化学效率  $\Phi PS II$ 、表观光合电子传递效率 ETR、光化学猝灭系数  $qP$  大于野生大豆,但是野生大豆的荚皮、叶片的  $qN$  大于栽培大豆, $qN$  的变化反映热耗散的变化,说明野生大豆的热保护机制强于栽培大豆。

参考文献

[1] 李向华,王克晶,李福山,等. 野生大豆 (*Glycine soja*) 研究现状与建议[J]. 大豆科学,2005,24(4):305-309. (Li X H,Wang K J,Li F S,et al. Research progress of wild soybean (*Glycine soja*) and suggestions for improving its effective utilization and protection [J]. Soybean Science,2005,24(4):305-309. )

[2] 付永彩,张贤泽. 野生、半野生及栽培大豆的几个主要光合特性的研究[J]. 大豆科学,1993,12(3):255-258. (Fu Y C,Zhang X Z. Comparative study of the photosynthetic characteristics of *Glycine soja* and *Glycine max* [J]. Soybean Science,1993,12(3):255-258. )

[3] 李晓,冯伟,曾晓春. 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. (Li X,Feng W,Zeng X C. Advances in chlorophyll fluorescence analysis and its uses[J]. Acta Botanica Boreali- occidentalia Sinica,2006,26(10):2186-2196. )

[4] 王荣,胡海清. 火烧对幼树净光合速率和叶绿素荧光参数的影响[J]. 林业科学,2007,43(12):45-49. (Wang R,Hu H Q. Effects of burning on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence parameters of saplings[J]. Scientia Silvae Sinicae,2007,43(12):45-49. )

[5] 杨文杰. 野生大豆和栽培大豆光合作用特性的比较研究[J]. 大豆科学,1983,2(2):83-92. (Yang W J. Study on the main photosynthetic characteristics of wild,semi-wild and cultivated soy-

bean[J]. Soybean Science,1983,2(2):83-92. )

[6] 鞠正春,于振文. 追施氮肥时期对冬小麦旗叶叶绿素荧光特性的影响[J]. 应用生态学报,2006,17(3):395-398. (Ju Z C,Yu Z W. Effects of nitrogen topdressing at different growth stage on chlorophyll fluorescence of winter wheat flag leaves [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2006,17(3):395-398. )

[7] 张其德,张建华,刘合芹,等. 限水灌溉和不同施肥方式对冬小麦旗叶某些光合功能的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2000,6(1):24-29. (Zhang Q D,Zhang J H,Liu H Q,et al. Effects of limited irrigation and different fertilization ways on some photosynthetic functions of flagleaves in winter wheat [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2000,6(1):24-29. )

[8] 何炎红,郭连生,田有亮. 7 种针阔叶树种不同光照强度下叶绿素荧光猝灭特征[J]. 林业科学,2006,42(2):27-31. (He Y H,Guo L S,Tian Y L. Chlorophyll fluorescence quenching characteristics of seven coniferous and broadleaved species in different light intensities[J]. Scientia Silvae Sinicae,2006,42(2):27-31. )

[9] 蔡永萍,李玲,李合生,等. 霍山石斛叶片光合速率和叶绿素荧光参数的日变化[J]. 园艺学报,2004,31(6):778-783. (Cai Y P,Li L,Li H S,et al. Daily change of photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Dendrobium huoshanense* [J]. Acta Horticulturae Sinica,2004,31(6):778-783. )

[10] 李强,王国祥,潘国权,等. 水体浊度对蒺藜萌发及萌发苗光合荧光特性的影响[J]. 生态学报,2006,26(11):3594-3601. (Li Q,Wang G X,Pan G Q,et al. Influence of water turbidity on germination of *Potamogeton crispus* and growth of germinated seedling [J]. Acta Ecologica Sinica,2006,26(11):3594-3601. )

[11] 王征宏,孔祥生,吕淑芳,等. 盐胁迫下大豆叶片有机物质及荧光参数的变化[J]. 河南科技大学学报 (农学版),2003,23(4):30-34. (Wang Z H,Kong X S,Lu S F,et al. Change s of organic substance and fluorescence parameter under salt stress in soybean [J]. Journal of Henan University of Science and Technology (Agricultural Science),2003,23(4):30-34. )

[12] 王伟,李兴涛,綦左莹,等. 低钾胁迫对不同效应型大豆光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 大豆科学,2008,27(3):451-455. (Wang W,Li X T,Qi Z Y,et al. Effect of low potassium stress on photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters of two soybean varieties with different K2 efficiency [J]. Soybean Science,2008,27(3):451-455. )

[13] 姜闯道,高辉远,邹琦. 缺锰降低大豆叶片叶绿素荧光的高能态猝灭[J]. 植物生理与分子生物学学报,2002,28(4):287-291. (Jiang C D,Gao H Y,Zhou Q. Energy dependent quenching of chlorophyll fluorescence is depressed in Mn starved soybean leaves [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology,2002,28(4):287-291. )

[14] 任丽丽,高辉远. 低温弱光胁迫对野生大豆和大豆栽培种光系统功能的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报,2007,33(4):333-340. (Ren L L,Gao H Y. Effects of chilling stress under weak light on functions of photosystems in leaves of wild soybean and cultivatar soybean [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology,2007,33(4):333-340. )

[15] 李大勇,王晓慧,张治安,等. 半野生和栽培大豆叶片某些光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报,2006,28(2):172-175. (Li D Y,Wang X H,Zhang Z A,et al. Comparative studies of photosynthetic characteristic in the leaves of semi-wild and cultivated soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2006,28(2):172-175. )