

开花期干旱对大豆叶绿素荧光参数的影响

孙海锋^{1,2}, 战勇^{1*}, 魏凌基², 刘胜利¹, 张恒斌¹, 林海容², 雷明²

(1. 新疆农垦科学院作物研究所, 新疆 石河子 832003;

2. 石河子大学农学院/新疆兵团绿洲生态农业实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要: 利用叶绿素荧光动力学测定技术, 研究大豆开花期干旱对叶片叶绿素荧光参数的影响, 结果表明: 大豆开花期受旱后, 可变荧光与最大荧光比 (F_v/F_m)、可变荧光与初始荧光比 (F_v/F_0)、非光化学淬灭系数 (NPQ) 均降低, 而 ETR 升高。说明光系统 II (PS II) 受到了伤害, 使得 PS II 原初光能转换效率 (F_v/F_m)、PS II 潜在活性 (F_v/F_0)、起光保护作用的热耗散降低, 光合电子传递速率升高。花期干旱胁迫后, 各参数存在基因型差异, 新大豆 1 号在花期干旱条件下, 光合机构受破坏较轻, 其吸收的光能能较多地用于光化学转化能力, 抗旱能力强。因此, 花期干旱胁迫下, 叶绿素荧光参数 (F_v/F_0 、 F_v/F_m) 变化与大豆品种抗旱性有关, 利用大豆品种叶绿素荧光对干旱胁迫的反应差异鉴定品种抗旱性是可行的。

关键词: 干旱胁迫; 叶绿素荧光; 大豆; 抗旱性

中图分类号: S565.101 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0061-04

大豆是人类需要的优质蛋白质和食用油脂的重要来源。但大豆需水量高, 干旱是影响大豆产量的重要障碍。有关大豆抗旱性指标的研究国内外均有报道, 但叶绿素荧光技术在大豆抗旱育种的报道很少。

叶绿素荧光是叶绿素分子受光激发后释放出来的棕红色光, 这种光的波长一般长于相应的吸收光的波长, 而且只占吸收光的 0.1%~1%。叶绿素荧光分析技术是一种以光合作用理论为基础, 利用体内叶绿素为探针, 研究和探测植物光合生理状况及各种外界因子对其细微影响的新型植物活体测定和诊断技术^[1]。目前叶绿素荧光动力学技术逐渐成为农业领域的一项热门技术, 广泛应用于农业生产和科研, 尤其在鉴定评价作物的耐逆境能力如耐旱性、耐寒性、耐盐性等方面的应用越来越多^[2]。新疆属典型大陆性干旱气候, 年降雨量少, 日照充足, 热量丰富, 具有鲜明的地区特色。本试验试图在研究一些环境因子对叶绿素荧光特性影响的基础上, 探讨大豆开花期受旱叶绿素荧光参数的响应, 以期在大豆抗旱特性的进一步研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试大豆品种(系)为新大豆 1 号, 17—125—830 和 1048。新大豆 1 号(创国内超高产记录的大

豆品种, 也是目前新疆主栽的中熟大豆品种, 抗旱性强)为对照; 17—125—830 和 1048 表现抗旱性及在预试验中表现为不抗旱和中度抗旱。

1.2 试验设计

试验设在新疆石河子农垦科学院试验地进行, 土壤含有机质 26 g/kg, 碱解氮 42.8 mg/kg, 速效磷 23.81 mg/kg, 速效钾 275 mg/kg。设正常灌水、花期干旱两个处理, 各设三次重复。两个处理之间挖 60 cm 深的防渗膜隔开。每个品种(系)6 行, 行距 0.35 m, 行长 3 m。在大豆盛花期(6 月 23 日)开始灌水, 灌水后 2 d 测定灌水与干旱处理 30 cm 内的土壤重量含水量分别为 19.7%~21% 和 12.2%~13.8%。正常灌水用水表测定灌水量, 每 666.7 m² 灌水量为 49.7 m³。干旱处理不予灌水, 直至结荚期(7 月 3 日)与对照同期灌水, 以后灌水与对照相同。

1.3 测定项目及方法

叶绿素荧光参数测定采用 OS52FL 调制式叶绿素荧光仪(美国 Opti2science 公司)。叶片暗适应 30 min 后, 采用 Kinetic 模式测定暗适应下大豆倒三叶的中间小叶。用弱测量光测定初始荧光 (F_0), 随后给一个强闪光[1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 脉冲时间 0.8 s] 测得最大荧光 (F_m), 当荧光产量从 F_m 快速下降到 F_0 时, 打开作用光[200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$], 当荧光恒定时(120 s), 测得稳态荧光 (F_s), 加上一个强闪光

收稿日期: 2007-05-21; 修改日期: 2007-10-08

基金项目: 新疆兵团博士基金项目(04BSZJ-01)

作者简介: 孙海锋(1979—), 女, 硕士研究生, 研究方向为生物技术在遗传育种中的应用。

* 通讯作者: 战勇, E-mail: shzhy@163.com。

[1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 脉冲时间 0.8 s]后测定光下的最大荧光(F_m), 关闭作用光使叶片暗适应 3 s 后, 打开远红光, 5 s 后测得光下的最小荧光(F_0), 计算可变荧光(F_v)= $F_m - F_0$, PS II 最大光化学效率(F_v/F_m), PS II 潜在活性(F_v/F_0), 并计算 PS II 电子传递速率 $\text{ETR} = (F_m - F_s)/F_m \times \text{PFD} \times 0.5 \times 0.84$, PFD 为光子通量密度。在大豆开花期, 选择晴天(10:00~12:00)测定, 每处理测定 8~10 片叶, 取平均值分析。

2 结果与分析

2.1 花期干旱对大豆叶片 F_v/F_0 的影响

从表 1 可见, 正常灌水条件下 3 个品种(系)的 F_v/F_0 差异不显著。在干旱胁迫条件下, 各品种的

F_v/F_0 都下降, 但下降幅度在不同基因型间差异较大, 新大豆 1 号、1048 和 17-125-830 的 F_v/F_0 , 下降了 6%、19%和 30.7%, 新大豆 1 号下降幅度最小, 和 1048、17-125-830 均达显著水平, 而 1048 和 17-125-830 差异不显著。

在荧光参数测定中, 经过暗适应的叶片, 可变荧光(F_v)与固定荧光(F_0)的比值(F_v/F_0)可代表光系统 II (PS II) 的潜在活性, 水分胁迫下 F_v/F_0 比值显著降低, 说明 PS II 潜在活性中心受损, 光合电子由 PS II 反应中心向 QA、QB 及 PQ 库传递过程受到影响^[3]。抗旱性越弱的品种(系)下降幅度越大, 其叶绿素荧光受水分胁迫影响的程度也越大。因此, 从 F_v/F_0 下降程度来看, 新大豆 1 号抗旱性最好, 17-125-830 抗旱性最弱。

表 1 开花期干旱对大豆叶片 F_v/F_0 的影响
Table 1 Effect of drought in flowering on F_v/F_0 of soybean leaf

品种 Cultivars	正常灌水 Normal irrigation			花期干旱 Drought in flowering		
	F_v/F_0	5%	1%	F_v/F_0	5%	1%
新大豆 1 号 Xindadou NO.1	3.812±0.410	a	A	3.589±0.197	a	A
1048	3.390±0.633	a	A	2.744±0.569	b	AB
17-125-830	3.596±0.334	a	A	2.492±0.683	b	B

2.2 花期干旱对大豆叶片 F_v/F_m 的影响

从表 2 可以看出, 正常灌水条件下 3 个品种(系)的 F_v/F_m 的差异不显著。花期干旱胁迫后, 新大豆 1 号、17-125-830 和 1048 的 F_v/F_m 都有所降低, 新大豆 1 号仅降低了 1%, 17-125-830 降低 14.1%, 1048 降幅最大, 达 18.1%, 新大豆 1 号与 1048、17-125-830 的差异均达显著水平, 而 1048 和 17-125-830 差异不显著。

表 2 开花期干旱对大豆叶片 F_v/F_m 的影响
Table 2 Effect of drought in flowering on F_v/F_m of soybean leaf

品种 Cultivars	正常灌水 Normal irrigation			花期干旱 Drought in flowering		
	F_v/F_m	5%	1%	F_v/F_m	5%	1%
新大豆 1 号 Xindadou NO.1	0.791±0.018	a	A	0.782±0.010	a	A
1048	0.782±0.016	a	A	0.672±0.011	b	A
17-125-830	0.800±0.018	a	A	0.655±0.094	b	A

2.3 花期干旱对大豆叶片非光化学淬灭系数 (NPQ)的影响

从表 3 可看出, 在正常灌水条件下, 新大豆 1 号、17-125-830 与 1048 的 NPQ 差异达极显著水平, 而新大豆 1 号与 17-125-830 的差异不显著; 花期干旱处理后, 新大豆 1 号、1048、17-125-830 的 NPQ 分别下降了 25%、20%和 42%, 新大豆 1 号

与 1048、17-125-830 的 NPQ 差异均达到极显著水平, 而 17-125-830 与 1048 的 NPQ 差异不显著。

非光化学淬灭系数 NPQ 反映的是 PS II 天线色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分。当 PS II 反应中心天线色素吸收了过量的光能时, 如不能及时地耗散, 将对光合机

构造成失活或破坏,所以非光化学猝灭是一种自我保护机制,对光合机构起一定的保护作用^[5]。非光化学能量耗散的提高,有助于耗散过剩的激发能,缓解环境对光合作用的影响和过剩光能对 PS II 反应中心的损伤^[6]。在干旱胁迫条件下,3 个大豆品种(系)的 NPQ 均有不同程度的降低,说明 PS II 中心

所接受的多余激发能不能以热形式耗散,对光合机构的保护能力下降。因此,干旱处理后,3 个品种(系)光合机构的保护机制受到了一定程度的损伤,17—125—830 受损伤的程度最大,新大豆 1 号和 1048 受损伤的程度小,新大豆 1 号和 1048 比 17—125—830 更能有效地避免过剩光对光合机构的损伤。

表 3 开花期干旱对大豆叶片 NPQ 的影响
Table 3 Effect of drought in flowering on NPQ of soybean leaf

品种 Cultivars	正常灌水 Normal irrigation			花期干旱 Drought in flowering		
	NPQ	5%	1%	NPQ	5%	1%
新大豆 1 号 Xindadou No. 1	0.728±0.081	a	A	0.546±0.057	a	A
1048	0.532±0.038	b	B	0.427±0.048	b	B
17—125—830	0.683±0.054	a	A	0.396±0.060	b	B

2.4 花期干旱对大豆叶片 ETR 的影响

ETR 为表观光合电子传递速率。由表 4 可以看出,花期干旱处理后,3 个品种(系)的 ETR 都较正常灌水升高,新大豆 1 号升高的幅度最大,为 21%;17—125—830 为 13%;1048 最小,仅 0.4%,

新大豆 1 号与 1048、17—125—830 的差异分别达显著和极显著水平。说明在花期干旱处理后,新大豆 1 号提高了反映中心的电子捕获效率,从而维持较高的电子传递速率,增强光呼吸作用,较好地保护了光合机构。

表 4 开花期干旱对大豆叶片 ETR 的影响
Table 4 Effect of drought in flowering on ETR of soybean leaf

品种 Cultivars	正常灌水 Normal irrigation			花期干旱 Drought in flowering		
	ETR	5%	1%	ETR	5%	1%
新大豆 1 号 Xindadou No. 1	38.596±2.257	b	B	46.873±1.867	a	A
1048	39.681±2.094	b	B	44.970±3.691	b	AB
17—125—830	44.419±2.500	a	A	44.577±1.735	b	B

3 讨 论

水分胁迫对植物光合作用的影响是多方面的,不仅影响光合电子传递、光合磷酸化等过程,同时也直接引发光合机构的损伤。叶绿素 a 荧光诱导动力学检测技术是以植物体内叶绿素 a 为天然探针,包含丰富光合信息,是快速、灵敏、无损伤探测干旱等逆境胁迫对作物光合作用和生长代谢影响的理想方法^[7~9]。本研究结果表明,大豆叶片在花期干旱胁迫下荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_0 、NPQ 值的下降,ETR 值升高,并存在着基因型差异。

水分胁迫能引起 F_v/F_m 、 F_v/F_0 下降,它们的变化程度可以用来鉴别植物抵抗或忍耐干旱的能力^[10,11]。由试验结果可以得出,花期干旱后,无论 F_v/F_0 下降的程度还是 F_v/F_m 下降的程度均是新大豆 1 号的抗旱性最好。有的研究指出^[3,11]抗旱性越强的品种参数 NPQ 随着干旱胁迫升高,但本试验的 3 个品种(系),NPQ 值都有不同程度的下

降,与王可玢等的试验结果相同^[12]。新大豆 1 号下降的幅度最小,光合机构的受损程度小,表明新大豆 1 号的抗旱性强。另外,从花期干旱胁迫对 ETR 的影响来看,抗旱性越强的品种 ETR 升高幅度越大,即维持较高的电子传递速率,这也在一定程度上提高了抗旱的能力。其结果也表明新大豆 1 号的抗旱性优于 1048、17—125—830。从表 3 和表 4 可以看出,正常灌水条件下新大豆 1 号和 17—125—830 的 NPQ、ETR 与 1048 达极显著水平,说明 3 个品种(系)间存在基因型差异。

本试验通过研究花期干旱胁迫对不同大豆品种(系)叶绿素荧光参数的影响,表明花期干旱胁迫后大豆叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_0 的变化与其抗旱有关,可为研究大豆干旱逆境的生理机制提供理论依据。此外,叶绿素荧光动力学参数在测定作物受胁迫程度方面有着独特的优势,但作为作物抗旱指标,有待进一步研究。

致谢:感谢雷明、何能、潘秀美、余朋等同学在试

验过程中的帮助和支持。

参考文献:

- [1] 冯建灿, 胡秀丽, 毛训甲. 叶绿素荧光动力学在研究植物逆境生理中的应用[J]. 经济林研究, 2002, 12(4): 14—20.
- [2] 陈建明, 俞晓平, 程家安. 叶绿素荧光动力学及其在植物抗逆生理研究中的应用[J]. 浙江农业学报, 2006, 18(1): 51—55.
- [3] 杨晓青, 张岁岐, 梁宗锁, 等. 水分胁迫对不同抗旱类型冬小麦幼苗叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 812—816.
- [4] Li X, Jian D M, Liu Y L, et al. Chlorophyll fluorescence and membrane lipid peroxidation in the flag leaves of different high yield rice variety at late stage of development under national condition[J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44(4): 413—421.
- [5] Bader M R, Ruuska S, Nakano H. Electron flow to oxygen in higher plants and algae: rates and control of direct photoreduction (Mehler reaction) and rubisco oxygenase[J]. Biological Sciences, 2000, 1402: 1433—1445.
- [6] 巩攀柱, 吕金印, 徐炳成, 等. 水分胁迫和种植方式对小麦叶绿素荧光参数及水分利用效率的影响[J]. 2006, (5): 83—87.
- [7] Bilger W, Schreiber U, Bock M. Determination of the quantum efficiency of PS II and non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field[J]. Oecologia, 1995, 102: 425—432.
- [8] Catalayud A, Deltoro V I, Barreno E, et al. Changes in vivo chlorophyll fluorescence quenching in Lichen thalli as a function of water content and suggestion of zeaxanthin-associated photoprotection[J]. Physiology Plant, 1997, 101: 93—102.
- [9] 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.
- [10] 张秋英, 李发东, 高克昌, 等. 水分胁迫对冬小麦光合特性及产量的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(6): 1184—1190.
- [11] 王建程, 严昌荣, 卜玉山. 不同水分与养分水平对玉米叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业气象, 2005, 26(2): 95—98.
- [12] 王可玢, 许春辉, 赵福洪. 水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素 a 荧光参数的影响[J]. 生物物理学报, 1997, 13(2): 273—278.

Effects of drought on chlorophyll fluorescence parameters in flowering of soybean

SUN Hai-feng^{1,2}, ZHAN Yong^{1*}, WEI Ling-ji²,

LIU Sheng-li¹, ZHANG Heng-bin¹, LIN Hai-rong², LEI Ming²

(¹. Xinjiang Agricultural Reclamation Academy of Science, Shihezi, Xinjiang 832003, China; ². College of Agriculture, Shihezi University/ Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Bingtuan, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Effects of water stress on the chlorophyll fluorescence parameters in flowering period of soybean were studied by using chlorophyll fluorescence dynamics technique. The results indicated that under the condition of drought in flowering, the leaves of the variable to maximum fluorescence (F_v/F_m); the ratio to of variable to minimal fluorescence (F_v/F_0) and non-photochemical quenching coefficient (NPQ) decreased, while the electron transport rate (ERT) raised. The analysis indicated that photosystem II was damaged, and the primary light energy conversion of PS II (F_v/F_m), potential activities of PS II (F_v/F_0) and heat disseminate which possess photoprotective effect decreased, photosynthetic electron rate transport increased. But parameters varied between different soybean genotypes under bloom water stress. The above results suggested that damage of photosynthetic apparatus was light, more light energy absorbed by Xindadou 1 was converted into chemical energy and the ability of drought resistance was strong. The variation of these chlorophyll fluorescence parameters (F_v/F_0 and F_v/F_m) was related to drought tolerance of soybean. It was possible to determine the drought resistance in soybean using chlorophyll fluorescence characters.

Key words: drought stress; chlorophyll fluorescence; soybean; drought-resistant