

短期 NaCl 胁迫对野生大豆和栽培大豆叶片光合作用的影响

任丽丽¹,任春明²,张伟伟¹,马 波¹,高辉远³

(¹滨州学院生命科学系,山东 滨州 256603;²山东省邹平县高新小学,山东 滨州 256605;³山东农业大学生命科学学院,山东 泰安 271018)

摘 要:以野生大豆和栽培大豆为材料,通过测定大豆叶片的光合和荧光参数,分析了短期 NaCl 胁迫下野生大豆和栽培大豆光合功能的变化。结果表明:当 NaCl 浓度大于 40 mmol · L⁻¹时,大豆叶片的光合速率开始下降,而其羧化效率的下降可能是导致光合速率下降的一个主要因素;此外,NaCl 短期胁迫下,大豆叶片光系统 II 的受体侧受到了较重伤害。野生大豆能够维持相对较高的羧化效率和光系统 II 活性,对 NaCl 胁迫有较强的抗性,是改良和提高栽培大豆抗逆性的优良资源。

关键词:短期 NaCl 胁迫;野生大豆;羧化效率;光系统 II

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)02-0239-04

Effects of Short-term NaCl Stress on Photosynthesis in Leaves of *Glycine soja* and *Glycine max*

REN Li-li¹, REN Chun-ming², ZHANG Wei-wei¹, MA Bo¹, GAO Hui-yuan³

(¹Faculty of Life Science, Binzhou University, Binzhou 256603; ²Gaoxin Primary School of Zouping County, Binzhou 256605 Shandong; ³College of Life Sciences, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract: Changes of photosynthesis in leaves of *Glycine soja* and *Glycine max* under short-term NaCl stress were studied by techniques of gas exchange and chlorophyll fluorescence quenching. The results showed that when NaCl concentration reached 40 mmol · L⁻¹, the decrease of the CO₂ assimilation rate was a major factor for the decrease of the photosynthesis in the soybean leaves after salt stress, and the PSII acceptor was damaged. The higher tolerance to short-term NaCl stress in *Glycine soja* might be due to its higher CO₂ assimilation rate and higher PSII activity. In conclusion, *Glycine soja* are good resources to improve the stress tolerance of *Glycine max*.

Key words: NaCl short-stress; Wild soybean; CO₂ assimilation rate; PSII

盐胁迫是制约农业发展的一个重要因素,全世界大约 7% 的土地,20% 的栽培地和近 50% 的灌溉地受到盐胁迫的影响^[1],而且随着工业的发展,保护地面积的扩大,土壤盐渍化日趋严重。

大量研究证明,盐胁迫下植物光合能力降低,作物严重减产^[2-4]。Yang 等^[5]的研究表明,盐胁迫下野生大豆光合速率降低是由于盐胁迫引起气孔关闭,从而导致细胞间隙 CO₂ 浓度降低造成。同时,研究还发现,盐胁迫下植物光合能力的降低还和非气孔限制有关。盐胁迫下植物 Rubisco 活性和含量下降,碳同化能力减弱^[6]。此外,盐胁迫下 PSII 光能捕获效率降低和电子传递受抑制,导致 PSII 活性降低^[5]。Kao 等^[3]在对三种野生大豆盐胁迫下的光合

研究中也发现,其中耐盐野生大豆光合下降的主要原因是气孔限制,盐敏感野生大豆光合下降的主要原因是非气孔限制,而耐盐性居中的野生大豆光合的下降则是由气孔因素和非气孔因素共同影响的。关于导致盐胁迫下植物的光合能力减弱的原因,目前尚无统一的认识,这可能与试验中所用的植物材料不同,或所用同种植物材料、但植物所处的生育期不同、或与盐胁迫的方式和程度不同有关。

选取起源于寒冷地区的东北野生大豆、起源于盐碱地的东营野生大豆和山东栽培大豆(早熟 1 号)为材料,对比研究盐胁迫下不同类型大豆光系统的功能,探讨了野生大豆抗盐的能力和机制,为开发和利用野生大豆的抗逆资源提供理论依据。

收稿日期:2008-09-12

基金项目:滨州学院青年人才创新工程科研基金资助项目(BZXYQNLG 200719)。

作者简介:任丽丽,女,(1980-),助教,研究方向为植物逆境生理。E-mail:tutuya_001@163.com。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

材料为起源于寒冷地区的东北野生大豆 (*Glycine soja* Sieb et Zucc ZYD00019)、起源于黄河三角洲盐碱地的东营野生大豆 (*Glycine soja* Sieb et Zucc ZYD 03262) 和山东栽培大豆 (*Glycine max* (L.) Merr. 早熟 1 号) 幼苗。材料 2008 年 5 月种植于滨州学院试验田,待第一组三出复叶展开时,将幼苗转移到 1/2 Hoagland 培养液中培养。自然光强为 $0 \sim 1\,000\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 温度 $18 \sim 28^\circ\text{C}$ 。7 d 后,在培养液中加入不同浓度的 NaCl 溶液,使培养液中的 NaCl 最终浓度分别为:0, 40, 80, 120, 160 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,盐胁迫 24 h 后对最新完全展开叶片进行各项指标的测定。

1.2 方法

1.2.1 气体交换参数的测定 光合参数用 CIRAS-2 便携式气体交换测定系统 (PP Systems, 英国) 测定。测定时,用 CIRAS-2 的自动控制系统控制叶温 $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$, CO_2 浓度 $360\ \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 光强 $800\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。用 CIRAS-2 的自动控气系统测定 CO_2 响应曲线,以 $\text{Pn} - \text{Ci}$ 响应曲线的初始斜率表示 CO_2 的羧化效率。

1.2.2 荧光参数的测定 将叶片暗适应 30 min 后用 Handy - PEA (Hansatech, 英国) 测定荧光参数,通过分析 O - J - I - P 荧光诱导曲线^[7] 计算以下荧光参数:

PSII 最大光化学效率:

$$\varphi\text{Po}(\text{Fv}/\text{Fm}) \equiv \text{TR}_0/\text{ABS} = [1 - (\text{F}_0/\text{F}_\text{M})]$$

光合作用性能指数:

$$\text{PI} = [\text{RC}/\text{ABS}] [\varphi\text{Po}/(1 - \varphi\text{Po})] [\Psi_0/(1 - \Psi_0)]$$

单位面积内有活性的 PSII 反应中心数量:

$$\text{RC}/\text{CS}_0 = \varphi\text{Po} \cdot (\text{V}_\text{J}/\text{M}_0) \cdot (\text{ABS}/\text{CS}_0)$$

Q_A 还原速率:

$$\text{dV}/\text{dt}_0 \equiv (\text{F}_{300\mu\text{s}} - \text{F}_0)/(\text{F}_\text{M} - \text{F}_0)$$

K 点的相对可变荧光:

$$\text{W}_\text{K} = \text{V}_\text{K}/\text{V}_\text{J} = (\text{F}_\text{K} - \text{F}_0)/(\text{F}_\text{J} - \text{F}_0)$$

2 结果与分析

2.1 NaCl 短期胁迫下三种大豆幼苗光合作用参数的变化

从图 1 可以看出,山东栽培大豆的净光合速率 (Pn) 在 NaCl 浓度大于 $40\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时即开始大幅度下降,东北和东营野生大豆在 NaCl 浓度大于 $80\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时开始下降,但东营野生大豆的 Pn 下降速度较慢。当 NaCl 浓度达到 $160\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,山东栽培大豆、东北野生大豆和东营野生大豆的 Pn 分别为对照的 1%, 15.8% 和 61.9%。随着 NaCl 浓度的增加,山东栽培大豆和东北野生大豆的 Gs 逐渐下降,而东营野生大豆的 Gs 没有多大变化。NaCl 短期胁迫后,三种大豆幼苗的细胞间隙 CO_2 浓度 (Ci) 均呈上升趋势。NaCl 短期胁迫后,三种大豆幼苗的羧化效率 (CE) 的变化同光合一致。当 NaCl 浓度达到 $160\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,山东栽培大豆、东北野生大豆和东营野生大豆的 CE 分别为对照的 11%, 12.7% 和 54.4%。

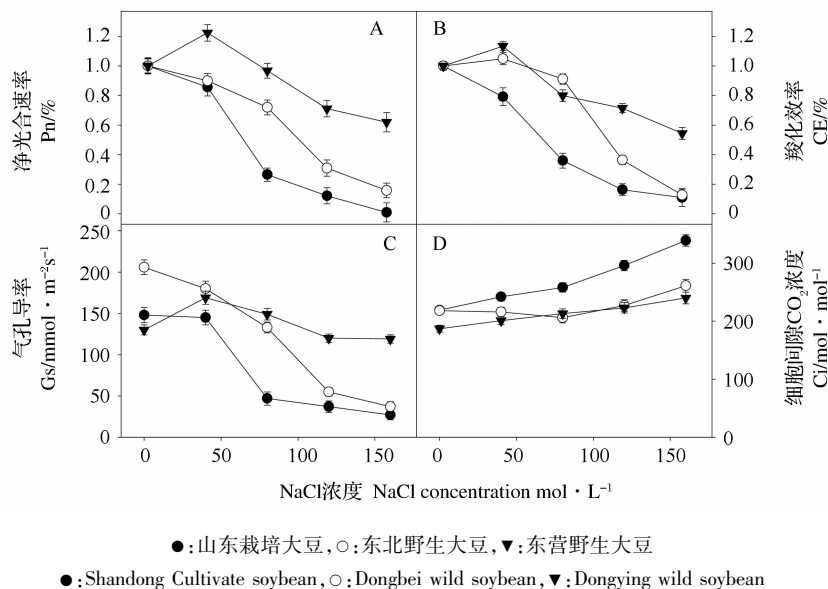


图 1 不同浓度 NaCl 短期胁迫对三种大豆幼苗气体交换参数的影响

Fig. 1 Changes of photosynthesis parameters in leaves of three soybean after short-term NaCl stress

2.2 NaCl 短期胁迫对三种大豆幼苗 PSII 的影响

随着 NaCl 浓度的增加,三种大豆幼苗 PSII 的最大光化学效率(ϕ_{Po})下降,但下降幅度较小,而光合性能指数(PI)急剧下降,其中东营野生大豆下降幅度最小,山东栽培大豆下降幅度最大(图 2 B)。

随着 NaCl 浓度的提高, Q_A 还原速率(dV/dt_0)逐渐上升,山东栽培大豆上升幅度最大,东营野生大豆上升幅度最小。K 点的相对可变荧光(W_k)和单位面积上有活性的 PSII 反应中心数量(RC/CSO)没有多大变化。

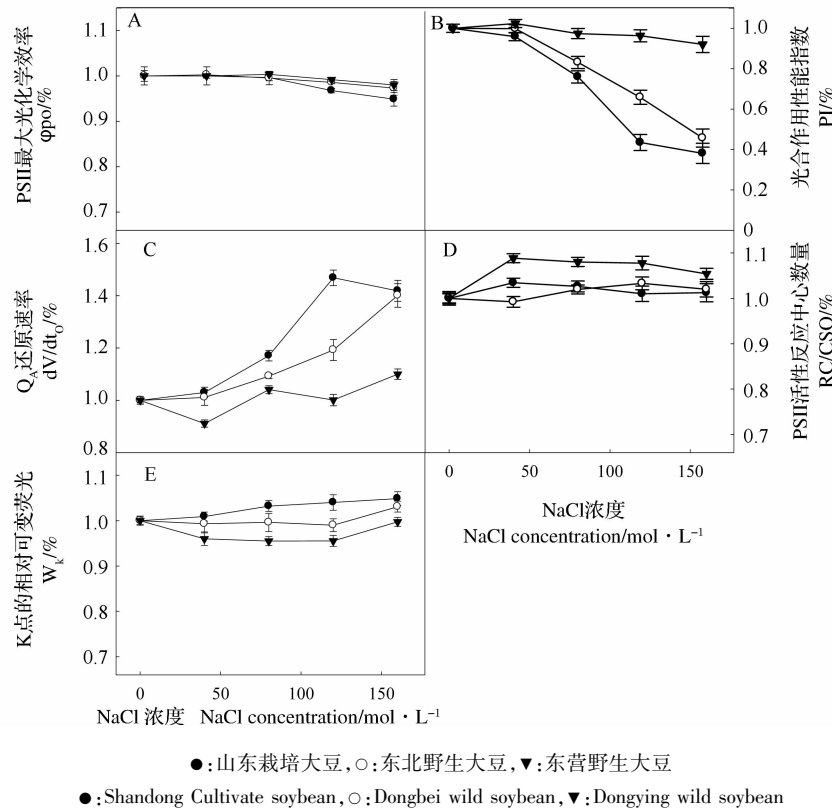


图 2 不同浓度 NaCl 短期胁迫对三种大豆幼苗荧光参数的影响

Fig. 2 Changes of fluorescence parameters in three soybean leaves after short-term NaCl stress

3 讨论

很多研究表明,盐胁迫下植物叶片失水,引起气孔关闭, CO_2 供应不足,导致植物光合速率下降^[3,5]。从图 1 可以看出,随着 NaCl 浓度的增加,三种大豆幼苗特别是栽培大豆的净光合速率和气孔导度都明显下降,但同时细胞间隙 CO_2 浓度明显升高。Farquhar 等^[8]认为只有当气孔导度与细胞间隙 CO_2 浓度以相同的方式变化时,才能确定光合的下降是气孔限制造成的。根据光合作用限制的这一判断依据可以断定,NaCl 短期胁迫下,气孔导度下降不是这三种大豆幼苗净光合速率降低的原因。而随着 NaCl 浓度的增加,三种大豆的羧化效率明显降低,变化趋势同光合一致(图 1 B),说明光合作用的暗反应过程可能是 NaCl 胁迫导致大豆光合作用下降的一个主要因素。其中,在低盐浓度下东营野生大豆羧化效率和净光合速率上升,说明一定浓度的

NaCl 对这种野生大豆的正常生长更为有利;高盐浓度下其羧化效率的下降幅度较小,可能是其光合能力受影响较小的一个重要原因。

非生物胁迫或生物胁迫下,PSII 反应中心及其供体侧和受体侧受到伤害均会造成 PSII 的活性下降,通过 JIP-test 可以分析其各部分受伤害的程度^[7,9]。由于 PSII 最大光化学效率(ϕ_{Po})是所有反应中心,包括有活性的反应中心和无活性的反应中心光化学效率的平均值,因而对环境的响应有一定的不敏感性^[10]。因此,NaCl 胁迫下, ϕ_{Po} 下降幅度不是很大(图 2 A)。然而,综合反映光合功能的光合性能指数 PI 对逆境胁迫的响应非常敏感。结果表明:PSI 在 NaCl 胁迫下急剧下降(图 2 B)。 dV/dt_0 (50 ~ 300 us) 反应了 Q_A 被还原的最大速率^[7]。如果 OEC 严重失活,就会减少 PSII 向 Q_A 的电子传递,则 Q_A 将呈现较低的还原程度,而 Q_A 到 Q_B 电子传递的受阻则会加剧 Q_A 的还原。从 dV/dt_0 的变化

(图 2 C)可以看出,NaCl 胁迫后 Q_A 还原程度加剧,这说明盐胁迫对 PSII 受体侧的伤害要大于对 PSII 供体侧的伤害。同时, W_k (图 2 E) 没有很大变化,说明其 PSII 的供体侧,即放氧复合体受到的伤害较小。盐胁迫对三种大豆单位面积活性反应中心的数量 RC/CSO (图 2 D) 均没有造成多大影响。盐胁迫下山东栽培大豆 PI 和 dV/dt_0 变化最大,说明山东栽培大豆的光合机构对盐胁迫最敏感,而东营野生大豆的 PSII 对盐最不敏感。

结果表明,与栽培大豆相比,野生大豆对 NaCl 胁迫有较强的抗性,是改良和提高栽培大豆抗逆性的优良资源。

参考文献

- [1] Szabolcs J. Soils and salinization [M]. In: Pessarakli, M. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York 1994, 3-11.
- [2] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress [J]. Plant, Cell & Environment, 2002, 25: 239-250.
- [3] Kao W Y, Tsai T T, Shih C N. Photosynthetic gas exchange and chlorophyll a fluorescence of three wild soybean species in response to NaCl treatments [J]. Photosynthetica, 2003, 41: 415-419.
- [4] Sudhir P. Murthy S D S. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis [J]. Photosynthetica, 2004, 42: 481-486.
- [5] Yang Y, Jiang D A, Xu H X, et al. Cyclic electron flow around photosystem I is required for adaptation to salt stress in wild soybean species *Glycine cyrtolaba* ACC547 [J]. Biologia Plantarum, 2006, 50: 586-590.
- [6] Sivakumar P, Sharmila P, Pardha S P. Proline alleviates salt-stress-induced enhancement in ribulose-1,5-bisphosphate oxygenase activity [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2000, 279: 512-515.
- [7] Strasser B J, Strasser R J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP test [M]. In: Mathis P. Photosynthesis: from Light to Biosphere. Dordrecht: KAP Press, 1995, 5: 977-980.
- [8] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthetic [J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [9] 李鹏民, 高辉远, Strasser, R J. 快速叶绿素荧光诱导动力学分析在光合作用研究中的应用 [J]. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31 (6): 559-566. (Li P M, Gao H Y, Strasser R J. Application of the chlorophyll fluorescence induction dynamics in photosynthesis study [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular biology, 2005, 31 (6): 559-566.)
- [10] Van Heerden P D R, Strasser R J, Kruger G H J. Reduction of dark chilling stress in N_2 -fixation soybean by nitrate as indicated by chlorophyll a fluorescence kinetics [J]. Physiologia Plantarum, 2004, 121: 239-249.

TFC 系列土壤化肥速测仪 QSY 凯氏定氮仪

北京强盛分析仪器制造中心是国家投资、团中央创办的高新科技企业(0120663F), 中心技术力量雄厚, 产品自 1993 年至今一直被列入农业部推广项目。

仪器每次可同时测试多个样品, 几滴药水十几分钟即可快速测定土壤、肥料、植株中氮、磷、钾、有机质、酸碱度、可溶性盐、腐质酸含量, 识字即可操作, 成本不到一元钱, 田间地头随处可用。2004 年最新开发的 203 系列产品, 大屏幕液晶中文菜单显示操作流程、测试状态、测试结果, 可直接打印测试数据; 仪器留有“升级”串行接口, “升级”后可以与计算机连接, 并安装《土壤测试及配方施肥系统》软件, 在计算机上对几十种农作物进行配方施肥计算, 将结果存档、打印、发送电子邮件, 实现信息化管理。另有 TFC-ZNS 型, 1B 系列土肥测试仪。

凯氏定氮仪采用国际通用凯氏法主要测定土壤植株中氮含量。

该中心设有技术培训部, 专家咨询热线, 常年免费讲授测土配肥技术, 随到随学, 有专人负责售后服务。产品终身维修, 自售出之日起一年内有质量问题以旧换新。

通讯地址: 北京市前门东大街前门外国语学校内
(团中央大楼西侧)

办公地址: 北京市前门东大街甲 12 号

邮编: 100051 网址: www.qstry.com

电话: (010)67033803 67025912

传真: (010)65114456

