

NaCl胁迫下野生大豆生理生态反应的研究

贺莉,徐晓腾,刘菲,刘霞

(吉林农业大学 中药材学院,吉林 长春 130118)

摘要:为明确野生大豆的耐盐性及其在盐胁迫下的生理生态反应规律,用NaCl溶液模拟盐胁迫处理野生大豆幼苗,分析了不同胁迫程度和胁迫时间下相关指标的变化。结果表明:低浓度盐胁迫对其生长无显著影响,但随着胁迫浓度的增加和胁迫时间的延长,其鲜重的增加速率逐渐降低,植物组织含水率降低,根冠比增加,可溶性糖含量先大幅增加后稍有降低,可溶性蛋白含量先升高后降低,丙二醛(MDA)含量升高,游离脯氨酸(Pro)含量成倍增加。各指标的变化规律证明野生大豆具有一定的耐盐性,根冠比、含水率、可溶性糖、可溶性蛋白、MDA、Pro等是检测野生大豆抗盐性强弱的重要指标。

关键词:野生大豆;NaCl胁迫;耐盐性;生理生态反应

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)02-0242-04

Effects of NaCl Stress on Physio-ecological Responses of *Glycine soja*

HE Li, XU Xiao-teng, LIU Fei, LIU Xia

(College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China)

Abstract: In order to study the salt tolerance of wild soybean and physio-ecological responses while they are under salt stress. Seedlings were transferred with 0, 50, 100, 150 and 200 mmol · L⁻¹ of NaCl solution, and determined related indexes. The results showed that there was no significant effect on the growth of wild soybean under low concentration of NaCl. While under severe stress or time prolonging, the growth rate of fresh weight was slower, water content ratio reduced, root-shoot ratio increased, the content of soluble sugar increased quickly but it decreased a little later, the content of soluble protein increased at first and then decreased, the content of Proline and malondialdehyde (MDA) content increased. The results indicated that the wild soybean had certain salt tolerance ability. Root-shoot ratio, water content ratio, the content of soluble sugar, soluble protein, MDA and Proline could be used as important indices for reflecting the salt tolerance of wild soybean.

Key words: *Glycine soja*; NaCl stress; Salt tolerance; Physio-ecological responses

野生大豆与栽培大豆无生殖隔离^[1],是栽培大豆育种的重要基因来源。但野生大豆较栽培大豆抗盐性强^[2],利用野生大豆的抗盐基因改良栽培大豆,对提高栽培大豆的抗盐性具有重要的实践意义,有利于扩大栽培大豆的种植范围及提高其在盐碱地区种植的产量。

1998年陆静梅等首次在野生大豆体内发现了盐腺^[3],这一发现为其耐盐性研究的开展奠定了理论基础。不同研究者相继在津唐渤海湾,昌黎,冀东沿海地区,河南,山西,江苏等地筛选出多份耐盐野生大豆材料^[4-7]。鉴定野生大豆耐盐性的常用指标有植物体内离子含量、脯氨酸、丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白、多胺含量的变化,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等酶活性的变化等。这些物质在正常生长状态下植

物体内含量很少,但在胁迫条件下会明显增加,因此这些指标的测量对植物耐盐性鉴定具有积极意义。野生大豆在长期的进化中形成了复杂的耐盐机理,其耐盐性与其耐盐结构的泌盐、大分子物质调节、离子摄入和区域化、酶消除胁迫毒害等有关。该研究测定了野生大豆在NaCl胁迫下生理生态特性的变化,分析了野生大豆的生理生态指标与野生大豆抗盐性的关系,为进一步利用野生大豆的抗盐特性提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

野生大豆采自吉林省长春市。

1.2 试验方法

用98%的浓硫酸浸泡种子5 min以破除种子硬

收稿日期:2010-12-16

第一作者简介:贺莉(1985-),女,硕士,研究方向为植物生态学。E-mail: heli0909@126.com。

通讯作者:刘霞(1965-),女,副教授,博士,研究方向为植物生态学。E-mail: liuxia651015@163.com。

实。将处理后的种子放于 25 ℃ 恒温培养箱内催芽,待芽体约 1 cm 时移栽至装有洗净河沙的塑料杯(15×20 cm)中,每杯 15 株,将杯子放于 1/2 Hoagland 培养液内水培,培育在 25 ℃ 恒温培养箱内进行,每天光照 10 h。

培育 10 d 当 2 片真叶完全展开时开始胁迫。将材料分成 5 组,每组 10 杯,设 3 次重复。各组材料分别转至含 0、50、100、150、200 mmol·L⁻¹ NaCl 的 1/2 Hoagland 培养液内持续胁迫培养,5 组分别记做 CK、I、II、III、IV。分别于胁迫后 4、8、12 d 取植物叶片测定指标,取材后各指标即刻测定。含水率测定采用恒重法;可溶性糖含量采用蒽酮法^[8];游离脯氨酸(Pro)含量采用酸性茚三酮法^[8];可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法^[8];丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比羧酸法^[8]。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对野生大豆农艺性状的影响

NaCl 胁迫对野生大豆鲜重的影响见图 1A。胁迫 4 d 时,随胁迫浓度的增加,4 个胁迫组的鲜重分别比 CK 组降低了 3.43%、17.38%、20.78% 和 23.27%;胁迫 8 d 时分别降低了 8.66%、26.01%、28.39% 和 34.04%;胁迫 12 d 时分别降低了 13.71%、35.30%、44.81% 和 49.91%。整个胁迫过程中,随胁迫时间延长 I 组鲜重增加显著,能保持较快速度的生长;胁迫过程中 II、III 组鲜重也有增加,但生长的速度较慢;IV 组鲜重增加很少,几乎处

于不生长状态。由此可见,野生大豆在低浓度盐胁迫能正常生长,在较高浓度盐胁迫下生长缓慢,在 200 mmol·L⁻¹ 的极高盐浓度下几乎不能生长。

NaCl 胁迫对野生大豆根冠比的影响见图 1B。未受盐胁迫的 CK 组根冠比随时间的延长而降低,受盐胁迫的 4 组材料随胁迫时间的延长根冠比均显著增加,呈现出胁迫浓度越高、胁迫时间越长根冠比越大的趋势。在胁迫 12 d 时,5 组材料的根冠比分别达到 26.9%、40.5%、60.8%、59.1% 和 60.7%。根冠比越大越有利于植物在盐胁迫条件下吸水,野生大豆能迅速增加根冠比以应对盐胁迫刺激说明其具有一定的抗盐性。

NaCl 胁迫对野生大豆含水率的影响见图 1C。试验过程中 CK 组含水率逐渐降低,可能因为植物嫩苗含水率更高的原故。胁迫 4 d 时,I、II、III、IV 组材料含水率比 CK 组降低了 1%、1.8%、2.1% 和 2.2%;胁迫 8 d 时分别降低了 4%、1.9%、2.5% 和 1.9%;胁迫 12 d 时分别降低了 2.3%、2.2%、2.1% 和 0%。I 组材料胁迫 8 d 和 12 d 的含水率均高于 CK 组,说明低浓度盐胁迫对野生大豆含水率及其生长无显著影响。其它组材料呈现出随胁迫浓度增加含水率降低的大体趋势,III、IV 组在胁迫 12 d 时含水率相对升高,可能是较长时间较高浓度的盐胁迫使其生命力降低,自我调节能力下降。由此可见,野生大豆能通过调节组织含水率来应对盐胁迫刺激,含水率降低能提高植物渗透势,进而使其能在盐胁迫条件下生存。

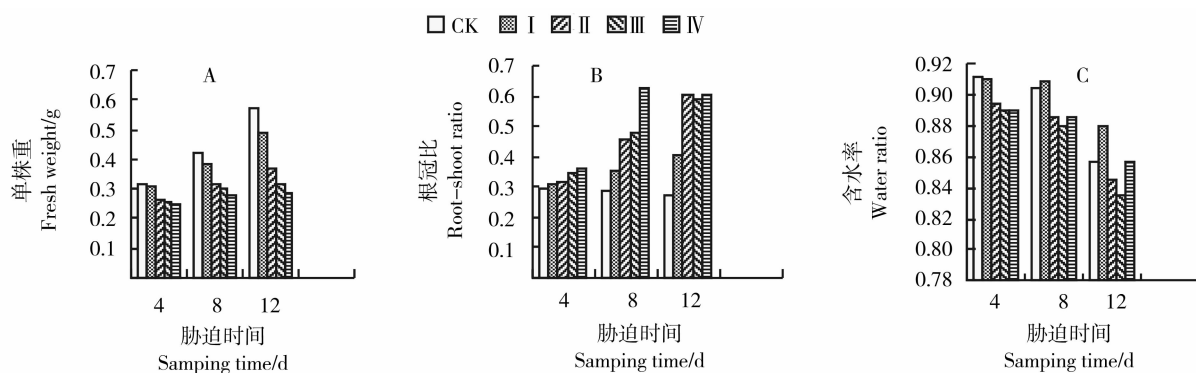


图 1 NaCl 胁迫对野生大豆农艺性状的影响

Fig.1 Effects of NaCl stress on agronomic characters of wild soybean

2.2 NaCl 胁迫对野生大豆生理特性的影响

2.2.1 可溶性糖含量 由图 2A 可知,I 组可溶性糖含量在整个胁迫过程中低于 CK 组,II、III 组在胁迫 4 d 时含量略大于 CK 组,但胁迫 8 d 时含量分别增加了近 3 倍,胁迫 12 d 时含量有所降低但远大于

CK 组。IV 组在胁迫 4 d 时含量约为 CK 组的 3.5 倍,胁迫 8 d 时含量无显著变化,12 d 时有所降低。由研究可知可溶性糖是盐胁迫下重要的渗透调节物质,在胁迫浓度和时间达到一定程度时可以迅速积累,但随胁迫时间的增加有降低趋势。

2.2.2 Pro 含量 由图 2B 可知,I 组与 CK 组 Pro 含量无明显差异。胁迫 4~8 d 时,II、III、IV 组 Pro 含量分别为 CK 组的 1.80、1.83 和 3.58 倍,胁迫 12 d 时,II、III、IV 组分别为 CK 组的 21.11、24.88 和 25.14 倍。植物在逆境条件下 Pro 能迅速积累是植物适应环境的表现。由试验得知野生大豆较长时间处于强盐胁迫下时,Pro 含量会急剧增加,证明 Pro 是野生大豆重要的抗胁迫渗透调节物质。

2.2.3 可溶性蛋白含量 如图 2C 可知,可溶性蛋白的积累趋势为随胁迫浓度升高而先升高后降低,同一胁迫浓度下随胁迫时间的延长也表现出先升高后降低的趋势。说明可溶性蛋白在盐胁迫初期

对渗透调节起到一定作用,但胁迫中后期由于蛋白质合成受到抑制而可溶性蛋白的分解被促进。

2.2.4 NaCl 胁迫对野生大豆 MDA 含量变化的影响 盐胁迫会对植物的细胞膜造成伤害,MDA 是膜脂过氧化作用产生的可作植物受害程度强弱的指标之一。由图 2D 可知,随盐浓度的增加和处理时间的延长,野生大豆的 MDA 含量随之逐渐升高,但不同处理组增加的速度不同,I 组 MDA 含量的变化与 CK 组差异不大,说明在此浓度下盐胁迫对其生长无显著影响,MDA 含量的变化也证实了野生大豆对盐胁迫有一定的耐受性。

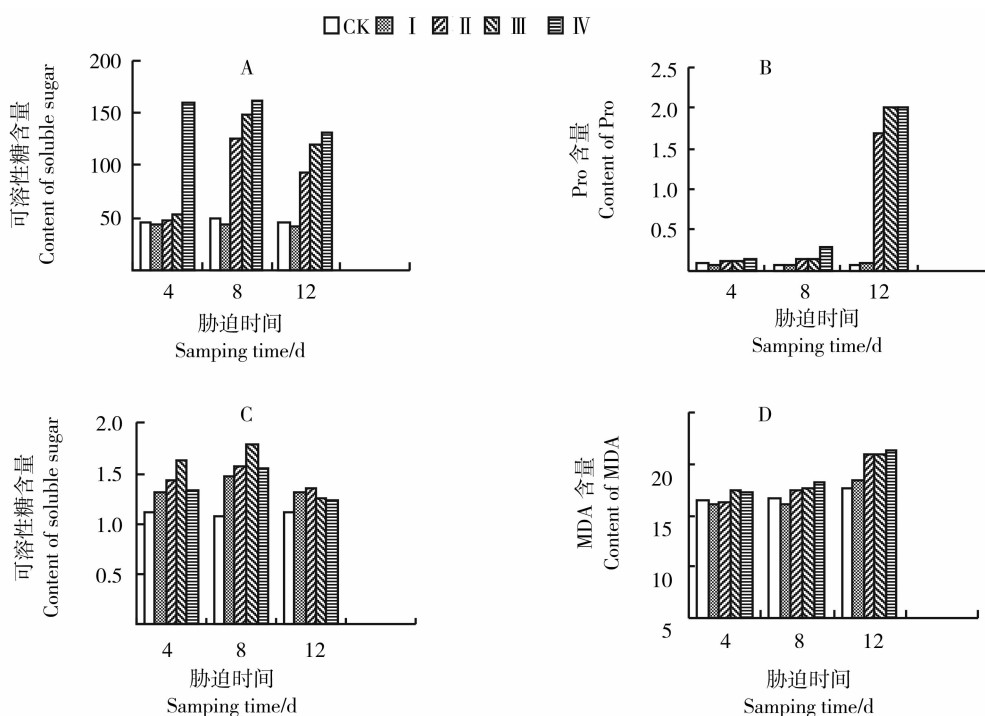


图 2 NaCl 胁迫对野生大豆生理特性的影响

Fig. 2 Effects of NaCl stress on physiological characters of wild soybean

3 讨论

在植物的整个生育期内,苗期对盐胁迫更为敏感^[9],苗期的耐盐性能够代表植物的耐盐水平。该试验在苗期进行测定,因此材料的耐盐性能够代表所研究的野生大豆品系的耐盐水平。

3.1 NaCl 胁迫下野生大豆农艺性状的变化

低浓度 NaCl 胁迫对野生大豆的生长影响不大,较高浓度盐胁迫下其生长速度变慢,极高浓度 ($200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 盐胁迫能抑制其生长。由试验结果可知,增加根冠比和降低含水率是野生大豆对抗盐胁迫的有效调节机制,盐胁迫下野生大豆先启动

根冠比的调节,后启动含水率的调节,根冠比调节反应更迅速,变化更显著,可视为更有效对抗盐胁迫的调节方式。III、IV 组材料含水率在胁迫后期无显著变化,说明通过含水率调节植物渗透势以应对盐胁迫具有一定的限制性。

3.2 NaCl 胁迫下野生大豆生理指标的变化

由结果可知,可溶性糖,可溶性蛋白,Pro 都是野生大豆对抗盐胁迫的重要调节物质,在盐胁迫下野生大豆通过增加它们的含量以降低细胞渗透势,增强其吸水能力,但它们的积累进程却不同。可溶性糖与可溶性蛋白的积累随胁迫时间的延长有先升高后降低的趋势,在胁迫的刺激下,二者的迅速积累调节了细胞的渗透势,增强了植物的抗胁迫能

力。但胁迫后期 Pro 含量急剧上升,部分替代了可溶性糖的调节功能,使可溶性糖含量降低,由此可见二者可能有相互补偿的作用,此结果与前人的研究结论相吻合。而可溶性蛋白在胁迫后期可能由于其分解被促进而含量降低,其分解也为胁迫后期 Pro 含量的急剧升高提供了物质基础。Pro 是一种渗透保护剂,它的增加有助于细胞保水,也作为碳水化合物来源和酶、细胞结构的保护剂^[10]。在受到 NaCl 胁迫时 Pro 含量大幅增加是野生大豆具有一定抗盐性的表现^[11]。有报道称 Pro 含量会随胁迫时间的延长而降低^[12],而该试验未表现出此趋势,分析可能由于胁迫时间不够长而未达到临界值的缘故,需进一步证实。

MDA 的含量代表膜脂过氧化水平,能反映出植物在胁迫条件下的受伤害程度^[13],耐盐性较强的植物在盐胁迫下 MDA 含量增加幅度较小^[14]。在 50 和 100 mmol · L⁻¹ 的盐胁迫的前期和中期,这 2 组 MDA 含量与 CK 对照组没有显著差异,也证实了野生大豆确实具有一定耐盐性。在高浓度及长时间胁迫下,野生大豆膜脂过氧化程度加深,MDA 含量也显著升高。

该试验测定的野生大豆抗盐性指标变化趋势基本符合抗盐植物应有的抗盐反应规律,因此文中所测定的各指标均可作为衡量野生大豆抗盐性强弱的指标,对进一步研究其抗盐机理及利用其抗盐性状具一定的指导意义。

参考文献

- [1] 黄仁术. 野大豆的资源价值及其栽培技术[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(9): 771-772, 814. (Huang S R. Resources value and cultivation techniques of *Glycine soja* [J]. Resource Development Market, 2008, 24(9): 771-772, 814.)
- [2] 史凤玉, 龙茹, 朱英波, 等. 野生大豆(*Glycine soja* L.)耐盐性研究进展(综述)[J]. 河北科技师范学院学报, 2008, 22(1): 69-72. (Shi F Y, Long R, Zhu Y B, et al. Study on the salt tolerance of *Glycine soja* [J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology, 2008, 22(1): 69-72.)
- [3] 陆静梅, 刘友良, 胡波, 等. 中国野生大豆盐腺的发现[J]. 科学通报, 1998, 43(19): 2074-2078. (Lu J M, Liu Y L, Hu B, et al. The discovery of salty glandular of wild soybean [J]. Science Bulletin, 1998, 43(19): 2074-2078.)
- [4] 肖鑫辉, 李向华, 刘洋, 等. 高盐碱环境下野生大豆主要性状与单株产量的相关分析[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 616-622. (Xiao X H, Li X H, Liu Y, et al. Correlation and path analysis of major agronomic characters and yield of wild soybean (*Glycine soja*) under high saline soil [J]. Soybean Science, 2009, 28(4): 616-622.)
- [5] 乔亚科, 李桂兰, 高书国, 等. 昌黎沿海野生大豆分布及其耐盐性[J]. 河北职业技术师范学院报, 2001, 15(2): 9-13. (Qiao Y K, Lei G L, Gao S G, et al. Geographical distribution and salt-tolerance of wild soybean (*G. Soja*) in inshore regions in Changli Hebei Province [J]. Journal of Hebei Vocation-Technical Teachers College, 2001, 15(2): 9-13.)
- [6] 乔亚科, 李桂兰, 高书国, 等. 冀东地区野生大豆愈伤组织诱导及其耐盐性[J]. 大豆科学, 2002, 21(3): 208-213. (Qiao Y K, Lei G L, Gao S G, et al. The study on salt-tolerance ability and induction of callus of wild soybean in eastern of Hebei province [J]. Soybean Science, 2002, 21(3): 208-213.)
- [7] 杨晓英, 章文华, 王庆亚, 等. 江苏野生大豆的耐盐性和离子在体内的分布及选择性运输[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2237-2240. (Yang X Y, Zhang W H, Wang Y Q, et al. Salt tolerance of wild soybeans in Jiangsu and its relation with ionic distribution and selective transportation [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(12): 2237-2240.)
- [8] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 105-176. (Hao J J, Kang Z L, Yu Y. Plant physiological experiment [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007: 105-176.)
- [9] Phang T H, Shao G, Lam H M. Salt tolerance in soybean [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2008, 50(10): 1196-1212.
- [10] 张美云, 钱吉, 郑师章. 渗透胁迫下野生大豆游离脯氨酸和可溶性糖的变化[J]. 复旦学报, 2001, 40(5): 558-561. (Studies on free proline and soluble sugar of wild soybeans (*Glycine soja*) under osmotic stress [J]. Journal of Fudan University, 2001, 40(5): 558-561.)
- [11] 王丽燕. NaCl 处理对野大豆生理生化特性的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 1067-1071. (Wang L Y. Effects of NaCl stress on physiological and biochemical characters of *Glycine soja* [J]. Soybean Science, 2008, 27(6): 1067-1071.)
- [12] 赵海新. 碱胁迫对水稻苗期 SOD 和 POD 活性及 MDA 含量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2010(8): 22-23. (Zhao H X. Effect of alkaline stress on SOD, POD activity and MDA content in rice seedling stage [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2010(8): 22-23.)
- [13] 尹增芳, 何祯祥, 王丽霞, 等. NaCl 胁迫下海滨锦葵种子萌发和幼苗生长过程的生理特性变化[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(1): 14-17. (Yin Z F, He Z X, Wang L X, et al. Physiological characteristic changes during the process of seed germination and seedling growth of *Kosteletzkyia virginica* under the NaCl stress [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2006, 15(1): 14-17.)
- [14] 袁琳, 克里木·伊力, 张利权. NaCl 胁迫对阿月浑子实生苗活性氧代谢与细胞膜稳定性的影响[J]. 植物生态学报, 2005, 29(6): 985-991. (Yuan L, Ke L M, Zhang L Q. Effects of NaCl stress on active oxygen metabolism and membrane stability in *pistacia vera* seedlings [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(6): 985-991.)