

盐胁迫对滨梅幼苗生长和渗透调节物质含量的影响

宰学明^{1,2}, 邵志广³, 钦佩²

(1. 金陵科技学院 园艺学院, 江苏 南京 210038; 2. 南京大学 盐生植物实验室, 江苏 南京 210093; 3. 镇江高等专科学校, 江苏 镇江 212000)

摘要:以滨梅幼苗为试材,研究了不同浓度盐(NaCl)胁迫下植株生长及渗透调节物质的响应。结果表明:0.5% NaCl 能显著促进滨梅幼苗的生长及水分代谢,但相对膜透性与对照比无显著差异;1.0% NaCl 与对照无显著差异,2.0% NaCl 显著抑制滨梅幼苗生长及水分代谢,相对膜透性显著增加;随着 NaCl 浓度的增加,滨梅叶内的可溶性蛋白、可溶性糖含量及有机渗透调节物质总量显著增加,而脯氨酸含量的变化不明显。

关键词:NaCl 胁迫;滨梅;生长;渗透调节物质

中图分类号:S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)19-0012-03

土壤盐渍化是一个世界性的重大资源问题和生态问题,全世界盐碱地面积近 10 亿 hm^2 , 约占陆地面积的 7.6%。我国各类盐碱地面积 0.346 亿 hm^2 , 是世界盐碱地大国。改良和利用盐土的研究已由农业措施和工程措施转向生物学措施,驯化种植有价值的盐生植物和耐盐植物是最为经济有效的途径^[1]。渗透调节是植物适应盐胁迫的主要生理机制之一,是植物对盐分胁迫的一种适应性反应。参与盐渍中植物渗透调节过程的渗透调节物质基本上分为两大类,一是外界环境进入植物细胞内的无机离子,如微生物和盐生植物中的 K^+ 和 Cl^- ;二是在细胞内合成的有机溶质,有机渗透调节物质大致可分氨基酸及其衍生物、糖类及其衍生物和叔硫酰化合物^[2]。

滨梅(*Prunus maritima* Marshall)属蔷薇科(Rosaceae)李属(*Prunus*)植物,又名海滨李、沙李,产于美国东北部北大西洋沿岸。滨梅常成片生长于贫瘠的沙砾滩涂,是一种很有潜力的沿海滩涂绿化先锋植物;其果实酸甜可口,可加工成果冻、果汁等一系列果品;滨梅先叶开花,花大而密,可用于园林观赏绿化,其低矮的灌木状和多分枝等特性可制作盆景。滨梅在浙江及江苏省的沿海滩涂已引种成功,作为生态效益和经济效益兼备的特色林果,其在种苗繁育方面也取得了积极进展^[3-4],但关于其在盐胁迫下的生理响应及耐盐的主要指标等方面的研究至今未见报道。现以滨梅苗为试验材料,研究了不同浓度 NaCl 胁迫对滨梅幼苗生长的影响,以期探究滨

梅体内有机渗透调节物质的响应特点,进一步揭示滨梅抗盐的生理生化机制。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料于 2008 年 3 月采自江苏省南京市溧水县傅家边农业观光园滨梅苗木基地,剪取正常生长上年新生的半木质化枝条,采回后将其扦插在南京金陵科技学院幕府校区苗木繁育砂床上,在扦插苗生根生长 3 个月后,选取生长良好、长势基本一致(高度 20~30 cm)的 500 株滨梅苗移栽于盆中。将普通耕作土添加 5% (w/w,下同)草炭、1% 河沙和 0.5% 过磷酸钙改良,拍碎、混匀、过筛后作为栽培基质,每盆装基质 8.5 kg(干重 6.45 kg)。盆为底部有排水孔的塑料盆,高 25 cm,盆口直径 30 cm,置于浅壁托盘上。基质含有机质 1.35%、速效氮 0.048‰ (w/w,下同)、速效磷 0.0248‰、速效钾 0.148‰,pH 7.2。

1.2 试验方法

选取 40 株外形近似的滨梅植株分为 4 组,分别进行盐胁迫处理。试验设 0.5%、1.0% 和 2.0% 的土壤含盐(NaCl)量,以不加盐(0%)、浇自来水的土壤(基质)为对照,每处理重复 5 次。供试土壤含盐量按基质干重计,取相应量 NaCl 兑水至 3 000 mL,自移栽后第 7 天起的 21 d 内分 3 次均匀浇入。偶有溶液渗漏到托盘中,于 1 h 后返浇入盆。加盐后,根据盆中土壤含水状况,每隔 5~7 d 等量浇淡水 1 次,保持土壤湿度为田间持水量的 75%~80%。盐处理完毕后,每 3 d 浇 1 次 Hongland 营养液,每次每盆 500 mL,直至盐胁迫处理后 60 d。

1.3 项目测定

分别采取试验滨梅植株成熟的倒 3 叶片,用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白含量^[5];用糖液浸提

第一作者简介:宰学明(1968-),男,江苏仪征人,博士,副教授,现主要从事植物菌根生理生态学等研究工作。

基金项目:国家林业公益性行业科研专项资助项目(200904001);江苏省 2011 年高校科研成果产业化推进资助项目。

收稿日期:2012-06-08

法测定自由水、束缚水含量^[6];用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[6];用酸性茚三酮比色法测定游离脯氨酸含量^[6];用电导法(DDS-AII电导仪)测定膜透性^[6];植物干重采用烘干法测定^[6];总叶面积采用方格法测定^[6]。

1.4 数据分析

数据采用 Excel 2003 软件进行作图,采用 SAS 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对滨梅幼苗生长的影响

由表 1 可知,0.5% NaCl 处理能显著增加滨梅幼苗的根部、地上部分干重、根部与地上部分干重比及总叶面积;1.0% NaCl 处理的滨梅幼苗除根部与地上部分干重比显著增加外,其它生长指标均与对照没有显著差异;2.0% NaCl 处理的滨梅幼苗各生长指标显著下降,生长明显受抑。

表 1 NaCl 处理对滨梅幼苗生长的影响

Table 1 Effect of NaCl treatment on beach plum seedlings growth

处理 Treatments	根部干重 Root dry weight/g	地上部分干重 Above ground dry weight/g	根部与地上部分干重比 Root and above ground dry weight ratio	单株总叶面积 Total leaf area /cm ² · 株 ⁻¹
对照(CK)	0.13 b	3.12 b	0.04 b	842 b
0.5% NaCl	0.32 a	5.19 a	0.06 a	1 198 a
1.0% NaCl	0.19 b	3.34 b	0.06 a	911 b
2.0% NaCl	0.04 c	1.79 c	0.02 c	384 c

注:同列中每一指标的平均值采用 Duncan 法进行多重比较($P=0.05$),不同小写字母表示差异达 5% 显著水平,下同。

Note: Mean separation with each column was by Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$). Values in each column followed by the same lower case are not significantly different at 5% level, the same below.

2.2 NaCl 胁迫对滨梅幼苗叶片自由水与束缚水含量的影响

由表 2 可知,随着盐胁迫的加强,滨梅植株的叶片中自由水含量变化较大,0.5% NaCl 处理后,自由水含量与对照相比显著增加,1.0% NaCl 处理后,自由水含量比轻度盐胁迫下略有下降,2.0% NaCl 处理后,滨梅叶片大量失去自由水,自由水含量直线下降至比对照组还低。束缚水含量的变化与自由水含量的变化相反,自由水/束缚水比值变化与自由水含量变化类似。

表 2 NaCl 处理对滨梅叶片自由水与束缚水含量的影响

Table 2 The content of free water and bound water in leaves of beach plum under NaCl stress

处理 Treatments	自由水含量 Content of free water/%	束缚水含量 Content of bound water/%	自由水与束缚水比值 Free water and bound water ratio
对照(CK)	34.90 b	65.10 b	0.54 b
0.5% NaCl	42.33 c	57.67 a	0.73 c
1.0% NaCl	38.23 bc	61.77 ab	0.62 bc
2.0% NaCl	25.33 a	74.67 c	0.33 a

2.3 NaCl 胁迫对滨梅幼苗叶片有机渗透调节物质和膜透性变化的影响

由表 3 可知,游离脯氨酸含量在 0.5% 和 1.0% 2 个盐浓度处理过程中变化不明显,当盐浓度加到 2.0% 时,才略有提高。滨梅叶片中的脯氨酸含量较低,且各盐浓度下脯氨酸积累的变化也不明显,脯氨酸含量变化不大。可见该试验所设置的盐浓度并不能对滨梅正常的渗透调节机能产生显著影响,此时脯氨酸不是滨梅主要的渗透调节物质。随着盐处理浓度的增加,滨梅叶片中可溶性糖的含量明显上升,最高达到对照的 1.68 倍,可见可溶性糖在滨梅受盐胁迫时起到一定的渗透调节作用。可溶性蛋白含量随着 NaCl 处理浓度的增大而上升,初期幅度小,后期幅度大。该试验中,相对膜透性在 0.5% 和 1.0% 2 个盐浓度处理过程中变化不明显,当盐浓度加到 2.0% 时,才有显著提高。

表 3 NaCl 处理对滨梅叶片有机渗透调节物质和相对膜透性的影响

Table 3 Effect of organic osmotic adjustment substance and relative membrane permeability in leaves of beach plum under NaCl stress

处理 Treatments	可溶性蛋白含量 Content of soluble protein / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	可溶性糖含量 Content of soluble sugar / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	游离脯氨酸含量 Content of dissociative proline / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	有机渗透调节物质总量 Organic osmotic adjustment substance / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	相对膜透性 Relative membrane permeability /%
对照(CK)	145.74 a	11.00 a	6.98 a	17.98 a	6.8 a
0.5% NaCl	168.21 b	12.17 b	7.05 a	19.22 b	6.8 a
1.0% NaCl	232.01 c	13.67 bc	7.34 ab	21.01 c	6.9 a
2.0% NaCl	412.25 d	18.5 c	7.63 b	26.13 d	8.1 b

3 结论与讨论

该试验结果表明,0.5% 和 1.0% NaCl 处理后,滨梅叶片的细胞膜系统未受伤害,水分代谢更为旺盛,生长显著增强(0.5% NaCl)或不受影响(1.0% NaCl);重度 2.0% NaCl 处理后,细胞膜系统明显损伤,滨梅叶片大量失去自由水,生长显著受抑制。

在盐胁迫下,植物体由于大量失水而产生渗透胁迫,植物为适应环境减小渗透势来增强植物细胞的渗透调节,一些渗透调节物质相继生成并积累,一些大分子物质(淀粉、蛋白质)分解成小分子物质(糖、氨基酸),这些小分子物质有较强亲水性,可以稳定胶体性质,在组织代谢中使植物细胞膜减轻或免受伤害。该试验中,滨梅叶片的细胞膜透性在 1.0% 浓度的 NaCl 胁迫下基本没变,说明滨梅对低盐分浓度不敏感,具有一定的耐盐性。但当盐分浓度达到忍受的极限浓度 2.0% 时,其细胞膜透性急剧加大,说明细胞膜受到严重伤害,滨梅本身的渗透调节作用已很难保持膜系统的完整性。

脯氨酸(Proline)是一种重要的有机渗透调节物质,具有平衡液泡中的高浓度盐分,避免细胞质脱水,稳定细胞蛋白质结构,防止酶变性失活和保持氮含量等的作

用。脯氨酸对提高植物耐盐性的作用,至今尚有争议。有研究认为脯氨酸的积累是耐盐的原因^[7],也有研究认为脯氨酸的积累是盐胁迫的偶然性结果^[8],其含量与抗渗透能力没有相关性。该试验中,滨梅叶内的脯氨酸含量在盐胁迫下,含量变化并不明显,推断脯氨酸可能不宜作为滨梅耐盐性指标。

可溶性糖是植物体内重要的渗透调节物质。盐胁迫下可溶性糖含量的变化还存在争议,随着 NaCl 浓度的升高,沙棘^[9]、无花果^[10]等植物叶片可溶性糖含量增加,碱茅^[11]、草莓^[12]等植物盐胁迫下可溶性糖含量下降。该试验结果表明,随着 NaCl 浓度的升高,滨梅叶内的可溶性糖含量显著增加,与膜透性呈显著相关,表明可溶性糖可以作为滨梅耐盐性指标。

盐胁迫下,许多植物可溶性蛋白含量增加,这些蛋白的增加可以作为渗透调节物质,或作为胁迫恢复时以含氮物质的形式贮藏而再利用^[8]。有关盐胁迫下可溶性蛋白增加与否,不同的植物,结论并不一致^[13-15]。该试验结果显示,随着 NaCl 浓度的升高,滨梅叶内的可溶性蛋白含量显著增加,与膜透性呈显著相关。该试验中因盐胁迫而形成的高含量的可溶性蛋白和可溶性糖可能帮助维持植物细胞较低的渗透势,降低盐分对细胞膜系统的伤害。

参考文献

- [1] 林栖凤. 耐盐植物研究[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [2] Munns R. Genes and salt tolerance: bringing them together[J]. New Phytol, 2005, 167: 645-663.
- [3] 方遼,龚津平,闫道良,等. 耐盐果树滨梅微繁殖体系的建立[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2006, 42(5): 490-497.

- [4] Zai X M, Qin P, Wan S W, et al. The application of beach plum (*Prunus maritima*) to wasteland vegetation recovery in Jiangsu Province, China: seedling cloning and transplantation[J]. Ecological Engineering, 2009, 35: 591-596.
- [5] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein synthesis in tortulia turalis [J]. Plant Physical, 1991, 95: 648.
- [6] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [7] Melchor J, Rosa M, Luis R. Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt resistant tomato cultivars[J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 54: 193-201.
- [8] Luttus S, Kinet J M, Bouharmont J. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance[J]. Plant Growth Regulation, 1996, 19: 207-218.
- [9] 阮成江, 谢庆良. 盐胁迫下沙棘的渗透调节效应[J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11(2): 45-47.
- [10] Munns R, Termaat A. Whole plant response to salinity[J]. Plant Physiol, 1986, 13: 143-160.
- [11] 刘华, 舒孝喜, 赵银, 等. 盐胁迫对碱茅生长及碳水化合物含量的影响[J]. 草业科学, 1997, 14(1): 18-19.
- [12] Lerner H R. Adaption to salinity at the plant cell level[J]. Plant and Soil, 1985, 89: 3-14.
- [13] Ashraf M, Fatima H. Responses of some salt tolerant and salt sensitive lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) [J]. Acta Physiology Plant, 1995, 17: 61-71.
- [14] Ashraf M, Leary J W O. Changes in soluble proteins in spring wheat stressed with sodium chloride[J]. Plant Biology, 1999, 42: 113-117.
- [15] 徐猛, 马巧荣, 张继涛, 等. 盐胁迫下不同基因型冬小麦渗透及离子的毒害效应[J]. 生态学报, 2011, 31(3): 784-792.

Effects of NaCl Stress on the Growth and Contents of Osmotic Adjustment Substance of *Prunus maritima* Seedling

ZAI Xue-ming^{1,2}, SHAO Zhi-guang³, QIN Pei²

(1. Department of Horticulture, Jinling Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 210038; 2. Halophyte Research Lab, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093; 3. Zhenjiang College, Zhenjiang, Jiangsu 212000)

Abstract: Using *Prunus maritima* seedlings as material, the effects of different concentrations of NaCl stress on the plant growth and osmotic adjustment matter response were studied. The results showed that 0.5% NaCl significantly promoted the *Prunus maritima* seedling growth and water metabolism, 1.0% NaCl and the control sample had no significant differences while 2.0% NaCl significantly inhibited the *Prunus maritima* seedling growth and water metabolism. After treatment with 0.5% and 1% NaCl, the relative membrane permeability of *Prunus maritima* leaf was no significant difference compared to control sample, while treatment of 2.0% NaCl, relative membrane permeability increased significantly. With the increase of NaCl concentration, the soluble protein, soluble sugar content and the total amount of organic osmotic adjustment substances of *Prunus maritima* leaf increased significantly, while proline content did not change significantly. The results indicated that *Prunus maritima* was a better salt tolerant species and could avoid salt harms by adjusting its organic osmotic adjustment system, and soluble protein and soluble sugar could be used as salt tolerance index of *Prunus maritima*.

Key words: NaCl stress; *Prunus maritima*; growth; osmotic adjustment substance