

盐胁迫下沙棘的渗透调节效应

阮成江, 谢庆良

(盐城工学院海洋工程系, 江苏 盐城 224003)

摘要: 分别用含有 0、100、200 和 300 mmol/L NaCl 的 Hoagland 培养液处理 1 年生沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 苗 30 d 后, 测定其鲜重, 干重, 含水量, 可溶性糖、脯氨酸和无机离子 (Na^+ 、 Cl^-) 的含量及叶片渗透势和渗透调节能力。结果表明: 100 mmol/L NaCl 处理的沙棘地上部和根的鲜重和干重最大, 其含水量也最大; NaCl 浓度超过 100 mmol/L 时, 沙棘地上部分和根的鲜重和干重随盐浓度增加而逐步下降, 其下降的趋势为地上部大于根部。随 NaCl 浓度不断升高, 沙棘体内 Na^+ 和 Cl^- 浓度随之升高, 茎叶和根系中 Cl^- 含量明显高于 Na^+ , 对 Na^+ 的相对吸收量多于 Cl^- 。沙棘对盐胁迫有一定的适应能力, 随 NaCl 浓度的升高, 沙棘叶内脯氨酸含量升高, 可溶性糖含量增加, 渗透势降低, 渗透调节能力增强。本结果可为盐碱地营造沙棘林提供依据。

关键词: 沙棘; 盐胁迫; 渗透调节能力

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2002)02-0045-03

Osmotic adjustment effect of *Hippophae rhamnoides* L. under salt-stress RUAN Cheng-jiang, XIE Qing-liang (Department of Marine Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2002, 11(2): 45-47

Abstract: Annual seedlings of *Hippophae rhamnoides* L. were treated with Hoagland solution added with 0, 100, 200 and 300 mmol/L NaCl, after 30 days, fresh weight, dry weight, water content, soluble sugar, Pro, organic ion content (Na^+ , Cl^-), osmotic potential of leaves and osmotic adjustment ability were determined, respectively. The results showed that fresh weight and dry weight of above-ground part and root of *H. rhamnoides* were the biggest under the treatment of 100 mmol/L NaCl, and which water content were also the biggest. When over 100 mmol/L of NaCl, fresh and dry weight of above-ground part and root gradually decreased with salt concentration increasing and the decrease tendency of above-ground part was more than root. With NaCl concentration increasing, content of Na^+ and Cl^- in *H. rhamnoides* gradually increased. Cl^- contents of stem and leaves and roots were obviously higher than Na^+ contents, and relative absorbed dose of Na^+ was more than Cl^- . *H. rhamnoides* had certain adaptability to salt stress. With NaCl concentration increasing, Pro and soluble sugar contents increased, osmotic potential decreased, osmotic adjustment ability strengthened. These results provided basics for forestation of *H. rhamnoides* in saline-alkali soil.

Key words: *Hippophae rhamnoides* L.; salt stress; osmotic adjustment ability

土壤盐渍化是植物生长的一大障碍。我国有盐渍土约 $2\ 700 \times 10^4$ hm^2 , 江苏省沿海滩涂面积约 60×10^4 hm^2 , 盐城有 582 km 的海岸线, 滩涂面积约为 45×10^4 hm^2 , 并以每年 1 333 hm^2 的速度向外淤涨, 盐渍土面积占江苏省比例较大^[1]。研究植物耐盐机理、筛选鉴定耐盐材料, 提高植物耐盐能力, 对盐渍土地区的合理利用和沿海滩涂的开发有非常重要的意义^[2,3]。沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 是一种具较高的生态、经济和社会效益的速生树种, 在改善环境、防风保土、改良土壤、保护生物多样性和开发利用方面表现出良好效益。江苏省盐城滩涂区引种沙棘已初步成功, 试验表明沙棘在土壤盐度为

1.1% 的滩涂上能正常生长^[4], 但目前仍存在不少问题, 如造林保存率低、缺乏对沙棘的抗盐机理的研究。因此, 本试验研究了不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘的生理适应性, 以探讨沙棘对盐渍土壤的适应, 为滩涂区沙棘引种选育、造林和成林后的管理提供理论依据。

收稿日期: 2002-01-31

基金项目: 国家外国专家局农引推项目(200162)、水利部沙棘基金项目(2001016)、江苏省科学技术厅基金资助项目(BL2000313)

作者简介: 阮成江(1972-), 男, 河南新县人, 在读博士生, 讲师, 主要从事植物分子遗传与育种和滩涂湿地生态方面的教学及科研工作。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试材料为 2000 年在江苏省盐城市盐城工学院东校区试验地用种子繁育的 1 年生沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 苗。

1.2 试验方法

2001 年 3 月底将沙棘苗移栽于装有细沙的塑料盆(内径 15 cm, 高 15 cm)中, 每盆 2~3 株, 移植前对沙棘苗进行修剪, 剪至地上部高 25 cm, 根系长 5 cm, 并对每株称重, 移栽后每盆淋等量定根水(清水)。萌发后用 1/2 浓度的 Hoagland 营养液浇灌, 置生长室中生长, 光照时间 16 h/d, 相对湿度 75%。生长 7 d 后, 用 NaCl 浓度分别为 0、100、200 和 300 mmol/L 的 Hoagland 溶液处理, NaCl 浓度每天递增 50 mmol/L, 直至预定浓度, 然后每天定时、定量以预定浓度溶液浇灌, 处理 30 d 后, 分别取样进行各项生理指标的测定。每个处理设 3 个重复。

1.3 测定内容与方 法

用美国 Medica 公司生产的 Easylyte 型 Na/K/Cl 分析仪测定沙棘茎叶和根的 Na^+ 和 Cl^- 含量。取一定量的茎叶(叶片中老叶、成熟叶和幼叶各占 1/3)及根, 置预先烘干的烧杯中, 于 80℃ 烘干(8~10 h), 磨碎, 加入 100 mL 煮沸的蒸馏水浸泡, 温度降至 80℃ 后在此温度下保持 4 h, 室温下过夜, 过滤后测定滤液中的 Na^+ 、 Cl^- 浓度。

用蒽酮法测定沙棘叶片可溶性糖含量^[5]; 用茚三酮比色法测定沙棘叶片脯氨酸(Pro)含量^[6]。

叶片渗透势测定: 将不同处理的沙棘同一部位的叶片取下, 用湿纱布擦去表面灰尘, 立即放入液氮中 15 min, 取出置于注射器中, 解冻 30 min 后, 挤出汁液, 用 FM-8 型冰点渗透压计测定叶片汁液的 i_c 值, 用 $\Psi = -i_cRT$ 公式计算渗透势, 其中 i 为等渗系数, c 为浓度, R 为气体常数, T 为绝对温度, 并按文献[7]的方法计算渗透调节能力。

鲜重、干重和含水量的测定: 将沙棘从塑料盆中取出, 将其分成地上部分和根后, 用无离子水冲洗干净, 再用吸水纸吸干称鲜重(m_{FW}), 80℃ 烘干后称干重(m_{DW}), 其含水量用公式 $w = (m_{FW} - m_{DW})/m_{FW} \times 100\%$ 计算。

各测定均设 3 个重复, 取 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘根和地上部分鲜重、干重和含水量的对比分析

不同 NaCl 浓度胁迫下, 沙棘根和地上部的鲜重、干重和含水量见表 1。结果表明, 不同浓度 NaCl 处理后, 100 mmol/L NaCl 处理的沙棘地上部和根的鲜重和干重最大, 其含水量也最大。NaCl 浓度超过 100 mmol/L 时, 沙棘地上部分和根的鲜重和干重随盐浓度增加而逐步下降, 其下降的趋势地上部大于根部。

表 1 不同 NaCl 浓度对沙棘生长的效应

Table 1 Effects of different NaCl concentration on the growth of *Hippophae rhamnoides* L.

NaCl 浓度 NaCl Conc. (mmol/L)	鲜重(g) fresh weight		干重(g) dry weight		含水量(%) water content	
	根 root	地上部分 above-ground	根 root	地上部分 above-ground	根 root	地上部分 above-ground
0	114.60	122.60	42.17	18.51	63.20	84.90
100	123.70	139.06	43.75	20.02	64.63	89.60
200	109.40	112.93	42.28	19.26	61.35	82.94
300	104.80	101.64	42.47	19.49	59.47	80.82

2.2 不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘根和茎叶的 Na^+ 和 Cl^- 含量对比分析

不同 NaCl 浓度下沙棘根和茎叶中 Na^+ 和 Cl^- 的含量见表 2。表 2 表明: 随处理用的 NaCl 浓度不断升高, 沙棘体内 Na^+ 和 Cl^- 浓度随之升高, 茎叶和根系中 Cl^- 含量明显高于 Na^+ 。无论根系、茎叶或整株的 Na^+/Cl^- 含量之比都呈现随盐浓度升高而增高的趋势(表 3), 这表明当 NaCl 浓度升高时, 沙棘表现出对 Na^+ 的相对吸收量多于 Cl^- ; 茎叶 Na^+ 与根系 Na^+ 之比随盐浓度的升高而增大, 表明沙棘将因盐浓度升高而吸收的 Na^+ 中的大部分转移到茎叶中, 以增强抗逆能力, 茎叶 Cl^- 与根系 Cl^- 之比也表现出完全相同的规律。

2.3 不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘叶中可溶性糖含量、脯氨酸含量和渗透势的变化

不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘叶中可溶性糖含量、脯氨酸含量和渗透势的变化见表 4。结果表明, 沙棘叶片中可溶性糖含量随着 NaCl 浓度的增加而增加。NaCl 浓度为 300 mmol/L 时, 沙棘叶片可溶性糖含量为 NaCl 浓度为 0 mmol/L 时的 1.652 倍。在

表2 不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘根和茎叶中 Na⁺ 和 Cl⁻ 的含量Table 2 Contents of Na⁺ and Cl⁻ in root and stem and leaves of *Hippophae rhamnoides* L. under different NaCl stresses (g/kg)(干重 DW)

NaCl 浓度 NaCl conc. (mmol/L)	根中 Na ⁺ 含量 Na ⁺ in root	茎叶中 Na ⁺ 含量 Na ⁺ in stem and leaves	全株 Na ⁺ 含量 Na ⁺ in whole plant	根中 Cl ⁻ 含量 Cl ⁻ in root	茎叶中 Cl ⁻ 含量 Cl ⁻ in stem and leaves	全株 Cl ⁻ 含量 Cl ⁻ in whole plant
0	0.40 ± 0.07	0.71 ± 0.05	0.56 ± 0.04	5.46 ± 0.61	12.24 ± 1.32	8.85 ± 0.73
100	3.21 ± 0.41	6.32 ± 0.63	4.77 ± 0.64	7.83 ± 0.93	22.02 ± 1.46	14.93 ± 0.72
200	5.94 ± 1.58	11.90 ± 1.20	8.92 ± 0.83	13.20 ± 0.89	38.76 ± 3.41	25.98 ± 1.28
300	6.32 ± 0.34	13.45 ± 0.71	9.89 ± 0.77	13.85 ± 1.01	40.51 ± 3.76	27.18 ± 2.61

表3 不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘体内的 Na⁺ 与 Cl⁻ 浓度比Table 3 Ratio of Na⁺ to Cl⁻ in *Hippophae rhamnoides* L. under different NaCl stresses (干重 DW)

NaCl 浓度 NaCl conc. (mmol/L)	根系中 Na ⁺ / Cl ⁻ Na ⁺ / Cl ⁻ in root	茎叶中 Na ⁺ / Cl ⁻ Na ⁺ / Cl ⁻ in stem and leaves	整株 Na ⁺ / Cl ⁻ Na ⁺ / Cl ⁻ in whole plant	茎叶 Na ⁺ / 根系 Na ⁺ Na ⁺ ratio in stem and leaves to root	茎叶 Cl ⁻ / 根系 Cl ⁻ Cl ⁻ ratio in stem and leaves to root
0	0.07	0.058	0.063	1.770	2.240
100	0.41	0.287	0.319	1.960	2.810
200	0.45	0.307	0.343	2.000	2.920
300	0.46	0.332	0.364	2.130	2.920

NaCl 胁迫加剧时,沙棘叶可溶性糖含量有明显提高,增强了沙棘的抗逆能力。

随着 NaCl 浓度的增加,沙棘叶内脯氨酸含量逐渐增加,且含量升高趋势明显(表4)。正常情况下,植物体内游离脯氨酸含量在 200~700 μg/g(干重)之间^[8,9]。从本实验可以看出,沙棘叶片在正常情况下,脯氨酸含量为 220.89 μg/g(干重),这一结论与前人结论一致,在盐胁迫下,沙棘叶片脯氨酸含量升高,且随胁迫程度加强,脯氨酸含量增加明显。

表4 不同 NaCl 浓度胁迫下沙棘叶的可溶性糖含量、脯氨酸含量和渗透势变化

Table 4 Soluble sugar content, Pro content and change of osmotic potential in leaves of *Hippophae rhamnoides* L. under different NaCl stresses

NaCl 浓度 NaCl conc. (mmol/L)	可溶性糖含量 (干重) Soluble sugar content (%)(DW)	脯氨酸含量 (干重) Pro content (μg/g)(DW)	渗透势 Osmotic potential (mPa)	渗透调节能力 Osmotic adjustment ability (mPa)
0	3.708	220.89	-1.442	0.000
100	4.378	356.69	-1.534	0.092
200	5.652	576.43	-1.837	0.395
300	6.126	971.34	-1.942	0.500

植物渗透调节能力的大小可以用逆境条件下细胞渗透势的降低值来表示。表4表明:随 NaCl 浓度升高,沙棘叶片的渗透势不断降低,渗透调节能力不断增强。说明在盐渍逆境条件下,沙棘通过降低渗

透势,以增强吸水能力,保证在逆境条件下的正常生长。

3 结论

(1) 100 mmol/L NaCl 处理的沙棘地上部和根的鲜重和干重最大,其含水量也最大。沙棘地上部分和根的鲜重和干重随盐浓度增加而逐步下降,其下降的趋势地上部大于根部。

(2) 随 NaCl 浓度不断升高,沙棘体内 Na⁺ 和 Cl⁻ 浓度随之升高,茎叶和根系中 Cl⁻ 含量都明显高于 Na⁺;随 NaCl 浓度升高,沙棘对 Na⁺ 的相对吸收量多于 Cl⁻,并将因盐浓度升高而吸收的那部分 Na⁺ 中的大部分转移到茎叶中。

(3) 不同浓度 NaCl 胁迫下,随 NaCl 浓度的升高,沙棘叶内脯氨酸含量升高,可溶性糖含量增加,渗透势降低,渗透调节能力增强。

参考文献:

- [1] 李子珍. 江苏省海洋开发规划[M]. 南京:南京大学出版社, 1993. 2-234.
- [2] Levitt J. Response of plant to environmental stress (2nd ed)[M]. New York: Academic Press, 1980. 365-488.
- [3] 赵可夫. 植物抗盐生理学[M]. 北京:科学技术出版社, 1993. 4-98.
- [4] 阮成江,谢庆良. 盐城滩涂沙棘引种初报[J]. 沙棘, 2001, 12(2): 25-31.
- [5] 张志良. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2000. 160-162.
- [6] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 1998. 96-97.
- [7] 赵可夫,范海. 盐胁迫下真盐生植物与泌盐植物的渗透调节物质及其贡献的比较研究[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 99-105.
- [8] 赵福庚,刘友良. 胁迫条件下高等植物体内脯氨酸代谢及调节的研究进展[J]. 植物学通报, 1999, 16(5): 56-63.
- [9] 曹仪植,吕忠怒. 水分胁迫下植物体内游离脯氨酸的累积及 ABA 在其中的作用[J]. 植物生理学报, 1985, 11(1): 9-16.