

NaCl 胁迫对骆驼蓬属植物渗透调节作用的影响

刘建新¹, 赵国林¹, 胡浩斌², 刘立品¹

(1. 陇东学院生命科学系, 甘肃 庆阳 745000; 2. 陇东学院化学系, 甘肃 庆阳 745000)

摘 要: 研究 NaCl 处理对骆驼蓬属植物幼苗生物量、植株中主要无机离子和有机溶质的含量及渗透调节能力的影响。结果表明, 骆驼蓬在 NaCl 浓度小于 200 mmol/L, 骆驼蒿和多裂骆驼蓬小于 100 mmol/L 时促进根系和地上部干重的增加, 超过相应浓度时, 幼苗生物量明显下降。3 种植物根系和叶片的 Na^+ 和 Cl^- 含量随 NaCl 浓度升高而增加, NO_3^- 含量及 K^+/Na^+ 比则下降, K^+ 对 Na^+ 的选择性吸收和运输 $S_{\text{K}, \text{Na}}$ 增大, 但多裂骆驼蓬叶片的离子运输 $S_{\text{K}, \text{Na}}$ 则降低, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量有升有降。无机离子占总计算渗透势 (COP) 的 68.37%~83.82%, 但随 NaCl 浓度增大而降低; 可溶性糖和氨基酸含量随 NaCl 浓度增大明显增加, 有机酸和脯氨酸变化不明显。有机物质约占 COP 的 16.18%~31.63%, 且随 NaCl 浓度提高而增大。骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬的渗透调节能力随 NaCl 浓度增加而增强, 其中叶片的渗透调节能力大于根系, 渗透调节能力骆驼蓬>骆驼蒿>多裂骆驼蓬, 表明骆驼蓬比骆驼蒿和多裂骆驼蓬具有更强适应盐渍生境的能力。

关键词: 骆驼蓬属; NaCl 胁迫; 无机离子; 有机溶质; 渗透调节

中图分类号: Q949.752.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0115-05

盐胁迫是限制植物生长的主要逆境因素之一^[1], 盐分对植物的危害主要是离子毒害、渗透胁迫和引起养分亏缺^[2, 3]。渗透调节是耐盐植物适应盐渍的重要机制^[4]。骆驼蓬属 (*Peganum* Linn) 为蒺藜科 (*Zygophyllaceae*) 多年生草本植物, 属于古地中海区系成分。全世界共 6 种 1 变种, 间断分布于地中海沿岸, 亚洲中部、墨西哥和美国南部。我国有 3 种, 即骆驼蓬 (*P. harmala* L.)、骆驼蒿 (*P. nigellastrum* Bge) 和多裂骆驼蓬 (*P. multisectum* Bobr), 主要分布于西北地区的荒漠化草原、盐碱化荒地、河岸砾石地、戈壁滩等多种生境, 是荒漠植被的重要组成之一^[5]。近年来骆驼蓬属植物在药理学和杀虫抑菌活性方面的研究较多^[6~9], 其提取物对植物生长发育的影响也有报道^[10~12]。马骥等曾对骆驼蓬属的形态特征、化学组成及其生态学与分类学意义有系统的研究^[13~16], 但骆驼蓬属植物适应荒漠盐碱的生理学研究未见报道。本文对 NaCl 胁迫下 3 种国产骆驼蓬属植物体内的渗透调节进行了分析比较, 旨在探讨骆驼蓬属的抗盐机理和耐盐性差异。

1 材料与方法

1.1 植物培养和处理

骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬种子 2003 年 7 月采自宁夏中卫县。种子目选后, 用 0.1% HgCl_2 消毒

10 min, 蒸馏水冲净, 播种在装有膨胀珍珠岩的塑料盆中, 置本院生物园玻璃温室萌发生长。萌发后用 1/2 Hoagland 营养液补充养分, 长出 6 片真叶时进行疏苗, 每盆留一致的幼苗 10~12 株, 待幼苗具 13 片真叶时用含有 0、50、100、200 和 400 mmol/L NaCl 的 Hoagland 营养液进行处理, NaCl 浓度每天递增 50 mmol/L, 直至预定浓度, 然后每天定时定量按预定盐浓度浇灌, 处理 28 d 后, 进行各项指标测定, 每处理 4 次重复。

1.2 无机离子含量的测定

取一定量不同处理植株的根和相同叶位叶片, 蒸馏水洗净、烘干称重后磨细, 置 550℃ 灰化 12 h。灰分用浓硝酸溶解, 蒸馏水定容后在原子吸收光谱仪 (E·P-700 型) 上测定 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量。用比色法测定 NO_3^- 含量^[17], 滴定法测定 Cl^- 含量^[18]。按公式: 离子吸收 $S_{\text{K}, \text{Na}} = ([\text{K}^+]/[\text{Na}^+]_{\text{in root}})/([\text{K}^+]/[\text{Na}^+]_{\text{in medium}})$, 离子运输 $S_{\text{K}, \text{Na}} = ([\text{K}^+]/[\text{Na}^+]_{\text{in leaf}})/([\text{K}^+]/[\text{Na}^+]_{\text{in root}})$ 计算根系中离子吸收和叶片中离子运输的 K^+ 、 Na^+ 选择比 (Selectivity ratio, $S_{\text{K}, \text{Na}}$)^[19]。

1.3 有机溶质含量的测定

称取一定量根和叶片干样品, 用 80% 乙醇提取, 离心后, 用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[20], 用茚三酮比色法测定脯氨酸和氨基酸含量^[21], 用 NaOH 滴定法测定有机酸含量^[22]。

收稿日期: 2006-04-24

基金项目: 甘肃省科技厅专项基金资助项目 (GS012-A44-102)

作者简介: 刘建新 (1964-) 男, 甘肃通渭人, 副教授, 主要从事生物化学教学和研究。E-mail: liujx1964@163.com

(C) 1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.4 渗透势和渗透调节能力的测定

取不同处理植株的根和相同叶位叶片,洗净吸干表面水分后放入塑料袋中,立即置于一30℃低温冰箱保存。取出材料融冰后剪碎,放入注射器中挤出汁液,用FM-4型冰点渗透压计测定细胞汁液的*i*C值,按 $\psi = -iCRT$ 计算渗透势(*i*为解离系数,*C*为摩尔浓度,*R*为气体常数,*T*为绝对温度)。渗透调节能力(OAA)按 $OAA = \psi_{\text{对照}} - \psi_{\text{处理}}$ 计算。另外,无机和有机溶质的渗透势也按 $\psi = -iCRT$ 公式计算。

1.5 幼苗生物量的测定

从塑料盆中取出植株,洗净、分开根系和地上部,105℃杀青30 min,70℃烘干称重。

2 结果与分析

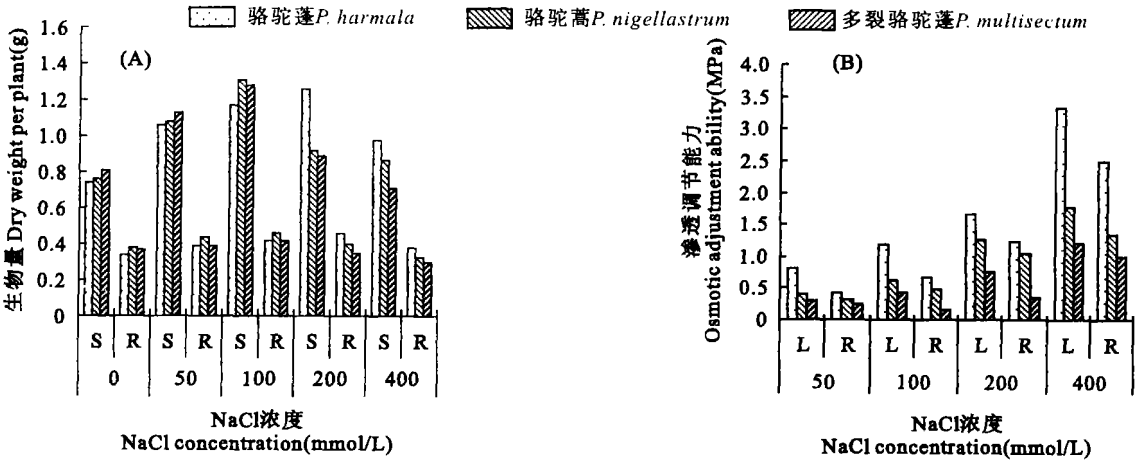
2.1 NaCl胁迫对幼苗生长的影响

从图1A可见,低于200 mmol/L NaCl促进骆驼蓬根系和地上部干重的增加,400 mmol/L时下降;骆驼蒿和多裂骆驼蓬幼苗生物量在NaCl小于

100 mmol/L时随NaCl浓度增大而增加,100 mmol/L达最大值,随后降低;大于200 mmol/L NaCl的骆驼蓬根系生物量显著高于骆驼蒿和多裂骆驼蓬($P < 0.05$)。

2.2 NaCl胁迫对无机离子积累的影响

从图2可见,无机离子总量及 Na^+ 、 Cl^- 含量随NaCl浓度提高呈增加趋势, NO_3^- 含量变化则相反。骆驼蓬、骆驼蒿根部 Na^+ 和 Cl^- 含量多数高于叶片, NO_3^- 含量则小于叶片,而多裂骆驼蓬根部 Na^+ 含量小于叶片, Cl^- 、 NO_3^- 含量高于叶片($P < 0.05$)。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量却有升有降,但根部 Ca^{2+} 含量大于叶片;骆驼蓬、骆驼蒿根部 Mg^{2+} 含量高于叶片,多裂骆驼蓬则叶片大于根部($P < 0.05$)。3种植物根系和地上部 K^+/Na^+ 均随NaCl浓度增大而降低,骆驼蓬、骆驼蒿根系 K^+/Na^+ 小于叶片,而多裂骆驼蓬根系大于叶片($P < 0.05$);根系的离子吸收 $S_{\text{K,Na}}$ 随NaCl浓度增大而提高,骆驼蓬和骆驼蒿叶片的离子运输 $S_{\text{K,Na}}$ 随NaCl浓度提高而增加,而多裂骆驼蓬则降低(表1)。



S:地上部; R:根; L:叶。下同

S: Shoot; R: Root; L: Leaf. The same as below.

图1 NaCl胁迫对骆驼蓬属植物幼苗生物量(A)和渗透调节能力(B)的影响

Fig. 1 Effects of NaCl stress on biomass(A) and osmotic adjustment ability(B) of *P. harmala* L. seedlings

2.3 NaCl胁迫对有机溶质含量的影响

从图3可见,NaCl胁迫下,骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬根系和叶片可溶性糖和氨基酸含量随NaCl浓度增大而提高,且根部含量大于叶片($P < 0.05$),而有机酸和脯氨酸含量虽然高于对照,但随NaCl浓度增大变化不明显。

2.4 NaCl胁迫下无机离子和有机物质对渗透势贡献

由表2可见,骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬叶片和根系的实测渗透势(MOP)、计算渗透势(COP,即

所测溶质渗透势之和)随NaCl浓度增加而降低,根系渗透势的降低大于叶片($P < 0.05$),降低幅度骆驼蓬大于骆驼蒿和多裂骆驼蓬,叶片渗透势降低的顺序为骆驼蓬>骆驼蒿>多裂骆驼蓬;无机物质占COP的百分比随NaCl浓度增大而降低,有机物质对COP的贡献随NaCl浓度增加而增加。渗透调节能力(OAA)随NaCl胁迫浓度提高而增强,叶片的渗透调节能力大于根系,渗透调节能力的顺序骆驼蓬>骆驼蒿>多裂骆驼蓬(图1B)。

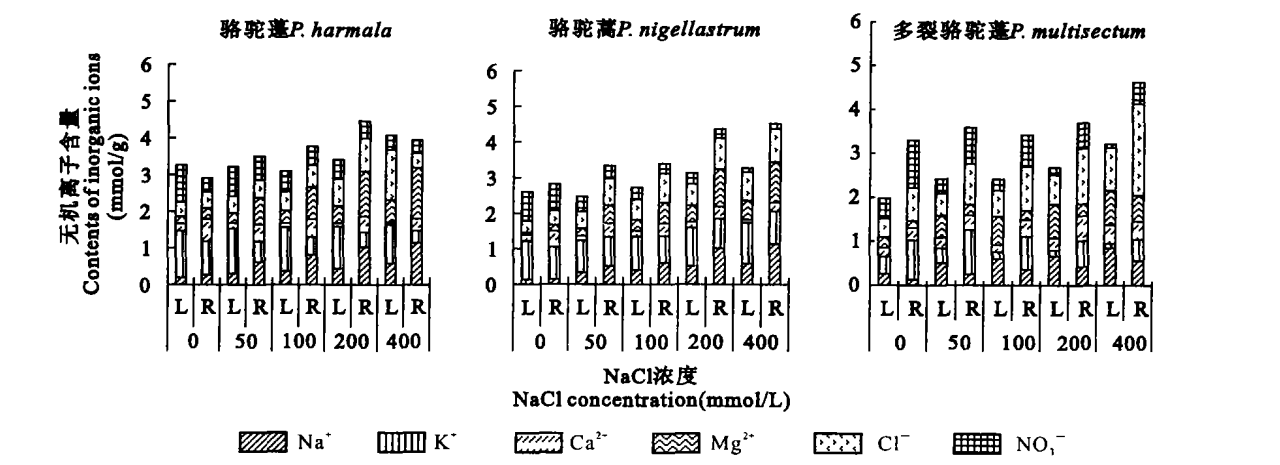


图 2 NaCl 胁迫对骆驼蓬属植物幼苗无机离子积累的影响

Fig.2 Effects of salt stress on the contents of inorganic ions in three species of *Peganum* L. seedlings

表 1 NaCl 胁迫对 K⁺/Na⁺ 比率及根部离子吸收 S_{K,Na} 和叶片离子运输 S_{K,Na} 的影响

Table 1 Effects of NaCl stress on K⁺/Na⁺ ratio and S_{K,Na} of *Peganum* L. seedlings

处理 Treatment (mmol/L NaCl)	比率 Ratios	骆驼蓬 <i>P. harmala</i>		骆驼蒿 <i>P. nigellastrum</i>		多裂骆驼蓬 <i>P. multisectum</i>	
		叶 Leaf	根 Root	叶 Leaf	根 Root	叶 Leaf	根 Root
0	K ⁺ /Na ⁺	6.25	3.33	8.33	6.25	1.47	7.14
	S _{K,Na}	1.88	—	1.33	—	0.21	—
50	K ⁺ /Na ⁺	4.00	0.90	2.63	1.61	0.65	4.00
	S _{K,Na}	4.44	7.50	1.63	9.67	0.16	33.33
100	K ⁺ /Na ⁺	3.23	0.59	2.27	1.27	0.27	2.08
	S _{K,Na}	5.47	9.83	1.79	21.17	0.13	34.67
200	K ⁺ /Na ⁺	2.56	0.40	2.13	0.83	0.20	1.41
	S _{K,Na}	6.40	13.33	2.57	27.67	0.14	47.00
400	K ⁺ /Na ⁺	1.82	0.29	2.00	0.81	0.12	0.91
	S _{K,Na}	6.28	19.33	2.47	54.00	0.13	60.67

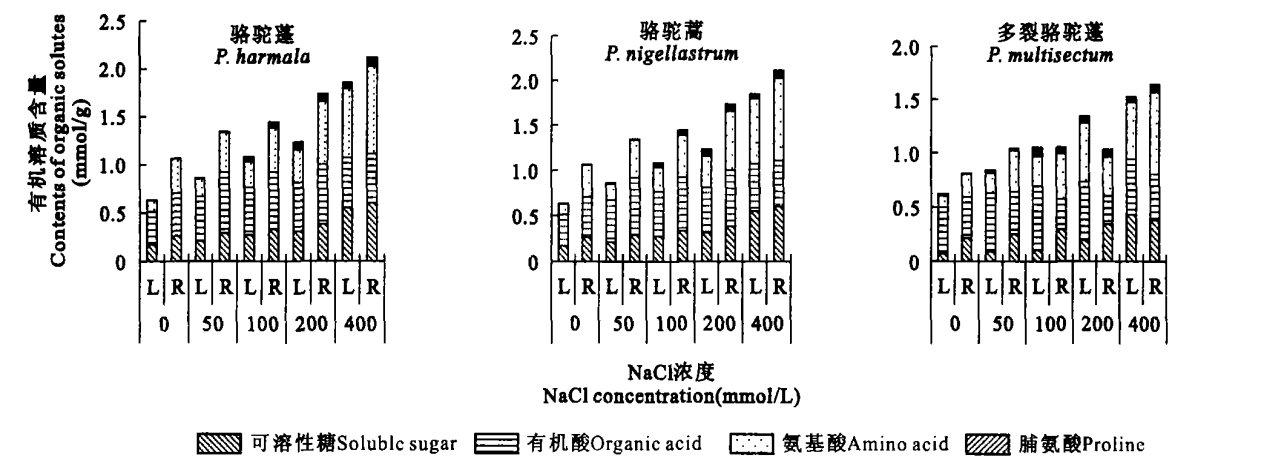


图 3 NaCl 胁迫对骆驼蓬属植物幼苗有机溶质含量的影响

Fig.3 Effects of NaCl stress on the contents of organic solutes in three species of *Peganum* L. seedlings

3 讨 论

植物在盐渍条件下通过在细胞液泡中积累无机 Na⁺、K⁺、可溶性糖、脯氨酸等方式进行渗透调节^[23],以减轻或避免因渗透胁迫而造成伤害^[24]。一般认为 Na⁺、K⁺、可溶性糖、脯氨酸等是植物体内重要的渗透调节物质。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 NaCl 胁迫下实测渗透势(MOP)、计算渗透势(COP)及无机(I·O·)、有机渗透势(O·O·)占 COP 的百分数

Table 2 Effects of NaCl stress on measured osmotic potential(MOP), calculated osmotic potential(COP), and COP percentage of inorganic and organic substances in *Peganum* L. seedlings

处理 Treatment (mmol/L NaCl)		骆驼蓬 <i>P. harmala</i>				骆驼蒿 <i>P. nigellastrum</i>				多裂骆驼蓬 <i>P. multisectum</i>			
		MOP	COP	I·O·	O·O·	MOP	COP	I·O·	O·O·	MOP	COP	I·O·	O·O·
0	L	-2.80	-2.69	83.82	16.18	-1.71	-1.04	74.04	25.96	-1.41	-1.17	76.07	23.93
	R	-3.84	-3.75	73.18	26.81	-1.83	-1.56	80.13	19.87	-2.01	-1.83	80.33	19.67
50	L	-3.60	-3.44	80.61	19.39	-2.11	-1.45	75.86	24.14	-1.71	-1.45	74.48	25.52
	R	-4.42	-4.18	72.35	27.65	-2.36	-1.88	79.78	20.21	-2.23	-2.06	77.67	22.33
100	L	-3.97	-3.74	76.81	23.19	-2.32	-1.73	70.52	29.48	-1.85	-1.54	68.83	31.17
	R	-4.66	-4.43	73.36	26.64	-2.47	-2.04	74.51	25.49	-2.26	-1.99	76.38	23.62
200	L	-4.46	-4.12	75.23	24.77	-2.96	-2.05	68.78	31.22	-2.15	-1.71	70.18	29.82
	R	-5.28	-4.98	71.74	28.26	-2.78	-2.61	74.71	25.29	-2.44	-2.19	74.89	25.11
400	L	-6.14	-5.58	69.37	30.63	-3.48	-2.15	68.37	31.63	-2.62	-2.10	68.57	31.43
	R	-6.39	-6.25	70.06	29.94	-3.34	-2.90	69.66	30.35	-2.92	-2.81	73.31	26.69

透调节剂。本研究结果显示, Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- 及可溶性糖、有机酸和氨基酸都与3种骆驼蓬属植物的渗透调节有关。骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬根系和叶片 Na^+ 、 Cl^- 含量随Na-Cl浓度的增加而增大, NO_3^- 含量变化则相反, K^+ / Na^+ 比随NaCl浓度增加而降低,说明盐胁迫下积累 Na^+ 和 Cl^- 是骆驼蓬属植物渗透调节适应盐渍生境的主要特征。 Na^+ 和 Cl^- 的积累对 K^+ 和 NO_3^- 的吸收产生抑制作用,但根系离子吸收 $S_{\text{K},\text{Na}}$ 及骆驼蓬和骆驼蒿叶片离子运输 $S_{\text{K},\text{Na}}$ 随NaCl浓度提高而增加,显示盐胁迫下根系从环境中积极吸收 K^+ 及增加向地上部的运输是骆驼蓬属植物进行渗透调节和防止水分亏缺的重要手段。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的变化随盐浓度增加有升有降,但根部的 Ca^{2+} 及骆驼蓬、骆驼蒿根部的 Mg^{2+} 含量均大于叶片,表明将 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 主要局限于根部来维持地上部的低盐水平。盐胁迫下,骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬根系和叶片的可溶性糖和氨基酸含量随NaCl浓度增加而增大,有机酸和脯氨酸含量在盐胁迫下高于对照,但不随盐浓度增加而明显升高,说明可溶性糖和氨基酸是骆驼蓬属植物参与渗透调节的重要有机溶质。按照渗透调节机制有关渗透调节物区隔化的理论^[25],盐胁迫下骆驼蓬属植物可能主要通过在液泡中积累 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 等无机离子降低细胞水势,而通过在细胞质中积累可溶性糖和氨基酸等有机物质平衡液泡中的渗透势,防止低水势液泡从细胞质中吸水和盐离子对细胞质造成伤害。

不同浓度盐胁迫下,无机离子和有机溶质含量的变化,产生了其在渗透调节中贡献的差异。无机离子在渗透调节中的贡献随盐胁迫浓度增加而降

低,而有机物质的贡献则随盐胁迫浓度增加而增大。无机离子在渗透势中的贡献为68.37%~83.82%,有机溶质的贡献为16.18%~31.63%,呈现典型双子叶盐生植物的特点^[26],表明骆驼蓬属植物其液泡很强的容盐能力是适应荒漠盐碱生境的基础,较强的容盐能力可能与其器官的强烈肉质化有关^[15]。另外,骆驼蓬、骆驼蒿和多裂骆驼蓬叶片中无机离子在渗透势中的贡献分别为69.37%~83.82%、68.37%~75.86%和68.57%~76.07%;有机物质在渗透势中的贡献分别为16.18%~30.63%、24.14%~31.63%和23.93%~31.43%。无机离子对渗透势的贡献骆驼蓬大于骆驼蒿和多裂骆驼蓬,从能耗角度考虑,采用无机离子作为主要渗透剂消耗的能量远低于有机溶质^[24],这也可能是高浓度盐胁迫下骆驼蓬生物量大于骆驼蒿和多裂骆驼蓬的原因(图1A)。3种植物根系和叶片的渗透调节能力均随盐胁迫浓度增加而增强,其调节能力的顺序为骆驼蓬>骆驼蒿>多裂骆驼蓬,表明骆驼蓬比骆驼蒿和多裂骆驼蓬有更强适应盐渍生境的能力。

参 考 文 献:

[1] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 科学技术出版社, 1993. 149—160.
[2] 郑青松, 刘 玲, 刘友良, 等. 盐分和水分胁迫对芦荟幼苗渗透调节和渗透物质积累的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(6), 585—588.
[3] 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.
[4] 王 娟, 李德全. 逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢[J]. 植物学通报, 2001, 18(4), 459—465.
[5] 马 骥, 王勋陵. 中国荒漠地区骆驼蓬属植物种类与分布[J].

- 中国沙漠, 1998, 18(2): 131—136.
- [6] 潘启超, 杨小平, 李春杰, 等. 骆驼蓬总生物碱的药学性能研究[J]. 中山医科大学学报, 1997, 18(3): 165—167.
- [7] Sokmen A, Vavdar-unlu G. Antimicrobial activities of methanolic extracts of various plants growing in the sivas district[J]. Turkish Journal of Infection, 2000, 14(2): 253—256.
- [8] 赵国林, 姜双林, 薛林贵, 等. 骆驼蓬粗提物对植食性螨类的药效试验初报[J]. 西北农业大学学报, 1997, 25(4): 111—114.
- [9] 姚伟琴, 王俊儒, 张普照, 等. 骆驼蓬醇提取物杀虫活性初步研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(6): 1096—1099.
- [10] 杨石先, 陈茹玉, 武振亮, 等. 骆驼蓬中活性物质的研究[J]. 植物生理学通讯, 1987, (1): 18—21.
- [11] 刘建新, 王毅民, 赵国林. 多裂骆驼蓬提取物对玉米幼苗生长和细胞保护酶系的影响[J]. 植物研究, 2005, 25(2): 177—180.
- [12] 刘建新, 赵国林, 雷蕊霞. 骆驼蓬提取物对玉米种子萌发和壮苗的影响[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 903—906.
- [13] 马 骥, 王勋陵, 李俊祯, 等. 骆驼蓬属叶表皮特征的研究[J]. 草业学报, 1997, 6(4): 49—56.
- [14] 马 骥, 王勋陵, 赵松岭. 西北地区骆驼蓬属元素化学成分的分析[J]. 西北植物学报, 1995, 17(4): 86—91.
- [15] 马 骥, 王勋陵, 赵松岭. 骆驼蓬叶中氨基酸组成与抗逆性的关系[J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 44—48.
- [16] 马 骥, 王勋陵, 赵松岭. 骆驼蓬属种子微形态及其生态学与分类学意义[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(4): 323—327.
- [17] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 120—123.
- [18] 荆家海, 丁钟荣. 植物生物化学分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1981. 29—31.
- [19] 郑青松, 刘兆普, 刘友良, 等. 盐和水分胁迫对海蓬子、芦荟、向日葵幼苗生长及其离子吸收分配的效应[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(2): 16—20.
- [20] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1900. 154—175.
- [21] 西北农业大学. 基础生物化学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985. 51—53.
- [22] 西北农业大学. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986. 122—123.
- [23] 武维华. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 448—455.
- [24] 郑国琦, 许 兴, 邓西平, 等. 盐分和水分胁迫对枸杞幼苗渗透调节效应的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(2): 56—59.
- [25] Marre E, Ciferri O. Regulation of cell membrane activities in plants [M]. Amsterdam: North Holland Amsterdam Press, 1977. 122.
- [26] 张海燕, 赵可夫. 盐分和水分胁迫对盐地碱蓬幼苗渗透调节效应的研究[J]. 植物学报, 1998, 40(1): 56—61.

Effect of NaCl stress on osmotic adjustment of *Peganum* L. seedlings

LIU Jian-xin¹, ZHAO Guo-lin¹, HU Hao-bin², LIU Li-pin¹

(1. Department of Life Science, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China;

2. Department of Chemistry, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China)

Abstract: Three species of *Peganum* seedlings were treated with different concentrations of NaCl. The content of main inorganic ions and organic solutes, the osmotic potential and the osmotic adjustment ability of roots and leaves were determined in 28 days after being treated. The results showed that dry weight of shoot and root of *P. harmala* L., *P. nigellastrum* Bge and *P. multisectum* Bobr were markedly increased under the treatment of 200, 100, 100 mmol/L NaCl concentration, respectively, whereas over those concentration of NaCl, the biomass displayed an apparent reduction. With the increase of NaCl concentration, the content of Na⁺ and Cl⁻ in leaves and roots of these three species of *Peganum* were obviously increased, the content of NO₃⁻ and the ratio of K⁺/Na⁺ were decreased, the selectivity of K⁺ over Na⁺ ($S_{K,Na}$) were increased except for that in leaves of *P. multisectum* Bobr which was decreased, and the content of Ca²⁺ and Mg²⁺ were either increased or decreased under different NaCl concentration. The content of inorganic ions accounted for 68.37%~83.82% of the calculated osmotic potential (COP), and tended to decrease with the increase of NaCl concentration. With NaCl concentration increasing, the content of soluble sugar and amino acid was clearly increased, whereas the content of organic acids and proline showed little change. The total content of organic solutes accounted for 16.18%~31.63% of COP, and showed a remarkable increase with the increase of NaCl concentration. The ability of osmotic adjustment of *Peganum* was increased with NaCl concentration increasing, and it was higher in leaves than that in roots. The ability of osmotic adjustment presented a tendency of *P. harmala* L. > *P. nigellastrum* Bge > *P. multisectum* Bobr, indicating that *P. harmala* L. had a strong adaptability to salt environment.

Keywords: *Peganum* L.; NaCl stress; inorganic ions; organic solutes; osmotic adjustment