

# 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗 生长及离子吸收分配的影响

张桂玲

(临沂大学生命科学学院, 山东 临沂 276005)

**摘要:** 研究了等渗透势(-0.79、-1.83 MPa)盐分胁迫(NaCl)和水分胁迫(PEG)对西伯利亚白刺(*Nitraria sibirica*)幼苗生长及不同组织离子吸收分配的差异,探讨白刺抗旱和耐盐的相互关系。结果表明,与对照相比,-1.83 MPa NaCl和PEG处理后白刺幼苗的株高、茎粗、主根长和干物重均极显著( $P < 0.01$ )降低,可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量均显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )升高,其中NaCl对幼苗生长的抑制作用显著( $P < 0.05$ )大于PEG处理。不同器官离子含量,NaCl各处理的白刺幼苗 $\text{Na}^+$ 含量均上升, $\text{K}^+$ 含量均先升后降, $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 含量及 $\text{K}^+/\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ 和 $\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$ 值均下降;PEG各处理的白刺幼苗 $\text{Na}^+$ 含量均先降后升, $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 含量均下降, $\text{K}^+/\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ 和 $\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$ 值均先升后降。不同器官离子的变化幅度以根中最大,茎次之,叶中最小。白刺幼苗主要是通过盐离子的区域化分布和调节幼苗体内的离子平衡来抵抗盐害的,通过积累大量有机小分子物质来抵抗旱害的。

**关键词:** 盐分胁迫;水分胁迫;白刺;渗透调节;离子的吸收和分配

中图分类号: Q945.78 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2013)04-0114-05

## Effects of iso-osmotic salt and water stresses on growth and ionic absorption and distribution in *Nitraria sibirica* seedlings

ZHANG Gui-ling

(College of Life Sciences, Linyi University, Linyi, Shandong 276005, China)

**Abstract:** The effects of iso-osmotic conditions (-0.79 MPa and -1.83 MPa) of salt stress (NaCl) and water stress (PEG) on seedling growth, and ionic absorption and distribution in different organs of *Nitraria sibirica* were studied, and the relationship between drought resistance and salt tolerance was analyzed. The results showed that, compared to the control, the plant height, stem diameter, taproot length and dry weight of seedlings decreased significantly ( $P < 0.05$ ), while the contents of soluble sugar, proline and MDA increased significantly ( $P < 0.05$ ) under the treatments of -1.83 MPa salt and PEG., in which the growth inhibition effect of salt treatment exceeded significantly ( $P < 0.05$ ) that of PEG treatment. Under NaCl stress, the  $\text{Na}^+$  content in different organs of *Nitraria sibirica* seedlings showed an upward trend, the  $\text{K}^+$  content rose firstly and then went down, and the contents of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  as well as the ratios of  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$  and  $\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$  showed a downward trend. Under PEG stress, the  $\text{Na}^+$  content in different organs of *Nitraria sibirica* seedlings went down firstly and then rose, the contents of  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  decreased, and the ratios of  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$  and  $\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$  rose firstly and then went down. Among different organs, the change magnitude of ions was the largest in roots, followed by stems, and the smallest in leaves. *Nitraria sibirica* seedlings could resist salt stress by changing the distribution of salt ions and regulating their balance in the plants, and could resist drought stress by accumulating a large amount of small organic molecules.

**Keywords:** salt stress; water stress; *Nitraria sibirica*; osmotic adjustment; ionic absorption and distribution

收稿日期:2012-09-24

基金项目:临沂大学横向课题基金资助(HX07159)

作者简介:张桂玲(1975—),女,黑龙江哈尔滨人,讲师,主要从事园林植物遗传育种研究。E-mail: guilingzhang2003@126.com。

盐渍和干旱是影响植物生长和产量提高的主要限制因子,盐渍造成植物吸水困难产生旱害,而旱地土壤强烈蒸发,地表积盐较重,土壤盐渍化加重造成盐害,二者对植物的影响是协同共存的<sup>[1-2]</sup>。干旱对植物的伤害,主要是由于外界水势降低引起植物体内水分的缺失所致,而盐害除引起植物失水外,还造成对植物体的离子毒害<sup>[3-4]</sup>,由此可见,植物对干旱、盐渍的反应既有相同之处,又存在显著差异。

白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)为蒺藜科(Zygophyllaceae)白刺属(*Nitraria*)强旱生灌木,因其具有较高的耐盐碱、抗旱、抗风蚀能力已经被栽植于海滨盐碱地区和荒漠地区,取得了良好的生态和社会效益;另外,白刺果实具有健脾胃、滋补强壮、调经活血等功效<sup>[5]</sup>。目前,关于白刺的研究主要集中在植物化学成分分析<sup>[6]</sup>、育苗技术<sup>[7]</sup>、防风固沙的生态功能等方面<sup>[8]</sup>,有关白刺抗逆性的研究主要集中在白刺对单一逆境反应<sup>[9]</sup>,有关白刺对多种逆境反应研究还少见报道。本研究以西伯利亚白刺(*Nitraria sibirica*)为材料,在等渗条件下研究盐(NaCl)和水分胁迫(PEG)对白刺幼苗生长的效应及幼苗不同组织离子吸收分配的差异,探讨白刺耐旱和耐盐的相互关系,为研究白刺耐旱和耐盐机理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于2009年在临沂大学实验室进行,育苗材料为西伯利亚白刺(*Nitraria sibirica*)种子。种子由内蒙古赤峰种苗公司提供。

### 1.2 方法

种子处理:精选大小、饱满度均匀一致的种子,先用60℃温水浸种24h,再用0.1%的升汞灭菌5min后,用无菌水冲洗干净备用。每个发芽盒内装入1000g的细砂(150℃烘干8h),每盒播入60粒种子,播种后放入温度25℃,相对湿度75%,光照时间12h·d<sup>-1</sup>的自动控制的人工气候室内发芽。待苗高9~10cm时,选择生长一致且发育健康的幼苗移栽到盛有1/2 Hoagland营养液的塑料钵(25cm×18cm×6cm)中,缓苗10d后分别用1/2 Hoagland溶液配制渗透势-0.79、-1.83MPa NaCl和PEG(PEG-6000)溶液胁迫处理,以1/2 Hoagland培养液为对照。-0.79、-1.83MPa的渗透压是根据前期预实验设定。胁迫处理期间昼夜温度为24℃/20℃,光周期为光照/黑暗14h/10h,光强模拟自然光源

(3000Lux)。溶液渗透势用上海医大仪器厂生产的FM-8P型全自动冰点渗透压计测定。

1.2.1 幼苗生长指标测定 胁迫处理10d测定幼苗株高、茎粗、主根长、地上部和根部干物重,每处理测定6个单株取平均值。干物重测定方法:取植株样品,先用清水冲洗掉根部的土,再用蒸馏水冲洗整个植株,最后用滤纸吸干植株表面的水分,称鲜重。将植株分成地上部和根部,于105℃杀青15min,75℃恒温烘干至恒重,称干重。

1.2.2 幼苗生理指标测定 胁迫处理10d测定幼苗叶片可溶性糖、游离脯氨酸和丙二醛(MDA)含量,每处理测定6个单株取平均值。可溶性糖测定采用蒽酮法;游离脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法<sup>[10]</sup>;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法<sup>[11-12]</sup>。

1.2.3 幼苗不同离子含量测定 胁迫处理10d测定幼苗根、茎和叶的离子含量(K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>)。K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含量参照管志勇等<sup>[13]</sup>和王宝山等<sup>[14]</sup>,样品烘干后研磨,沸水浸提1.5h,以无离子水为空白对照,用WHY-402型原子吸收分光光度计测定K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含量。

1.2.4 数据分析 使用SAS9.2软件进行试验数据方差分析,参照明道绪<sup>[15]</sup>方法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗生长的影响

2.1.1 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗株高、茎粗、主根长和干物重的影响 表1表明,与对照相比,在等渗条件下,随着NaCl和PEG处理浓度的增加,白刺幼苗的株高、茎粗、主根长、地上部分和地下部分干物重均呈下降趋势,其中,-0.79MPa NaCl和-0.79MPa PEG处理除主根长外,其它指标差异均不显著( $P > 0.05$ ),-1.83MPa NaCl和-1.83MPa PEG处理的差异均极显著( $P < 0.01$ )。且两者之间除茎粗外,其它指标差异也达到显著或极显著水平( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ )。

等渗低浓度的NaCl和PEG胁迫对白刺幼苗生长影响不大,等渗高浓度的NaCl和PEG胁迫对幼苗生长抑制作用显著,且NaCl抑制程度大于PEG胁迫。

2.1.2 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量及过氧化物酶活性的影

响 表 2 表明,与对照相比,在等渗条件下随着 NaCl 和 PEG 处理浓度的增加,白刺幼苗可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量均呈逐渐上升趋势;其中, - 0.79 MPa NaCl 和 - 0.79 MPa PEG 处理的可溶性糖含量、

丙二醛含量差异均不显著 ( $P > 0.05$ ),脯氨酸含量差异极显著 ( $P < 0.01$ ); - 1.83 MPa NaCl 和 - 1.83 MPa PEG 处理的可溶性糖含量、脯氨酸含量和丙二醛含量差异达到显著或极显著水平。

表 1 等渗 NaCl 和 PEG 胁迫对白刺幼苗生长的影响

Table 1 Effects of iso-osmotic NaCl and PEG stresses on growth of *Nitraria sibirica* seedlings

处理 Treatments	株高/cm Plant height	茎粗/cm Stem diameter	主根长/cm Taproot length	地上部干物重/g Dry weight of shoot	根干物重/g Dry weight of root
CK	11.50 ± 0.54 aA	1.86 ± 0.09 aA	17.80 ± 0.87 aA	74.59 ± 3.54 aA	38.43 ± 2.14 aA
- 0.79MPa NaCl	11.91 ± 0.75 aA	1.96 ± 0.07 aA	17.97 ± 0.91 aA	74.68 ± 3.79 aA	38.65 ± 2.35 aA
- 0.79MPa PEG	10.82 ± 0.43 aA	1.77 ± 0.06 aA	16.10 ± 0.79 bAB	66.84 ± 3.51 aAB	36.40 ± 2.41 aA
- 1.83MPa NaCl	4.49 ± 0.25 cC	1.35 ± 0.04 bB	12.37 ± 0.57 dC	36.67 ± 2.98 cC	19.89 ± 1.98 cC
- 1.83MPa PEG	6.60 ± 0.31 bB	1.36 ± 0.04 bB	14.65 ± 0.46 cB	42.24 ± 3.04 bBC	25.22 ± 2.21 bB

注:同列数据后不同的大写和小写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )和显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

Note: Different capital and small letters in the same columns represent significant difference at  $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ , respectively, hereinafter the same.

表 2 等渗 NaCl 和 PEG 胁迫对白刺幼苗生理指标的影响

Table 2 Effects of iso-osmotic NaCl and PEG stresses on physiological parameters in *Nitraria sibirica* seedlings

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar/(g·kg <sup>-1</sup> )	脯氨酸含量 Proline content/(μg·g <sup>-1</sup> )	丙二醛含量 MDA content/(μmol·g <sup>-1</sup> )
CK	1.73 ± 0.03 cC	121.93 ± 8.91 cC	2.91 ± 0.06 cB
- 0.79MPa NaCl	1.81 ± 0.04 cC	261.82 ± 10.22 bB	2.89 ± 0.08 cB
- 0.79MPa PEG	1.85 ± 0.04 cC	296.60 ± 12.31 bB	2.92 ± 0.08 cB
- 1.83MPa NaCl	4.43 ± 0.08 bB	747.27 ± 18.67 aA	3.57 ± 0.06 aA
- 1.83MPa PEG	4.91 ± 0.09 aA	758.91 ± 19.01 aA	3.22 ± 0.04 bB

白刺幼苗在等渗低浓度的 NaCl 和 PEG 胁迫下,积累可溶性糖、脯氨酸和丙二醛的能力相当,在等渗高浓度下,PEG 胁迫积累可溶性糖、脯氨酸和丙二醛能力更强。

## 2.2 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗离子含量和离子分配的影响

表 3 结果表明,在等渗的 NaCl 和 PEG 胁迫下,白刺幼苗根、茎和叶中不同离子含量变化趋势差异明显。与对照相比,NaCl 胁迫下,白刺幼苗根、茎和叶中 Na<sup>+</sup> 含量均明显上升, K<sup>+</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 含量在根中明显上升,在茎和叶中均先升后降, Mg<sup>2+</sup> 含量、K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> 值在根、茎和叶中均明显下降;而 PEG 胁迫下,在白刺幼苗根、茎和叶中 Na<sup>+</sup> 含量均先降后升, K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 含量在根中先升后降,在茎和叶中均下降, Mg<sup>2+</sup> 含量在根、茎和叶中均下降, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> 值在根、茎和叶中均先上升再下降。不同处理之间离子含量有差异,与对照相比, - 0.79 MPa NaCl 处理的离子含量在白刺幼苗根、茎和叶中差异多数不显著 ( $P > 0.05$ ), - 1.83 MPa NaCl 处理的离子含量在根、茎和叶中差异多数显著 ( $P < 0.05$ ), - 0.79 MPa PEG 和

- 1.83 MPa PEG 处理的离子含量在白刺幼苗根、茎和叶中差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

在等渗 NaCl 和 PEG 胁迫下,白刺幼苗不同组织之间离子含量以叶中最高,茎中次之,根中最低。不同组织离子含量变化幅度不同,综合各处理 Na<sup>+</sup> 含量在根、茎和叶中的平均增幅分别 40.23%、13.57% 和 3.87%, K<sup>+</sup> 含量在根中平均增幅 15.93%,在茎和叶中的平均降幅分别为 10.02% 和 8.73%, Ca<sup>2+</sup> 含量在根、茎和叶中的平均降幅分别为 7.07%、6.42% 和 6.53%, Mg<sup>2+</sup> 含量在根、茎和叶中的平均降幅分别为 7.43%、6.77% 和 5.66%, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 值在根、茎和叶中的平均降幅分别为 12%、18% 和 16%, Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> 值在根、茎和叶中的平均降幅分别为 20%、15% 和 10%, Mg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> 比值在根、茎和叶中的平均降幅分别为 23%、17% 和 10%。

以上分析表明,盐胁迫下白刺幼苗是通过盐离子的区域化分布和调节幼苗体内的离子平衡来抵抗盐害的,而水分胁迫下,白刺幼苗体内离子含量的变化幅度小于等渗 NaCl,说明水分胁迫主要通过积累大量渗透调节物质来抵抗旱害的。不同组织之间离子含量叶中最高,茎中次之,根中最低,不同组织离

子含量的变化幅度多数表现根中最大,茎次之,叶中 最小。

表3 等渗 NaCl 和 PEG 胁迫对白刺幼苗离子含量的影响/(mg·g<sup>-1</sup>)

Table 3 Effects of iso-osmotic NaCl and PEG stresses on ion contents in *Nitraria sibirica* seedlings

处理 Treatment	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> /Na <sup>+</sup>
根 Root							
CK	3.75 ± 0.06cd	27.57 ± 2.12b	28.69 ± 2.15a	4.02 ± 0.05a	7.35 ± 0.09b	7.65 ± 0.08b	1.07 ± 0.01b
-0.79MPa NaCl	5.58 ± 0.08b	36.46 ± 2.20a	29.20 ± 2.17a	3.85 ± 0.03ab	6.54 ± 0.07b	5.24 ± 0.06c	0.69 ± 0.01d
-0.79MPa PEG	3.14 ± 0.05d	29.85 ± 2.13b	30.61 ± 2.21a	3.95 ± 0.04a	9.50 ± 0.10a	9.74 ± 0.10a	1.26 ± 0.02a
-1.83MPa NaCl	7.75 ± 0.10a	38.75 ± 2.24a	22.81 ± 2.08c	3.30 ± 0.02b	5.00 ± 0.05c	2.94 ± 0.05d	0.43 ± 0.01e
-1.83MPa PEG	4.56 ± 0.06c	22.80 ± 2.09c	24.03 ± 2.11b	3.76 ± 0.04ab	5.00 ± 0.04c	5.27 ± 0.07c	0.82 ± 0.01c
茎 Stem							
CK	14.13 ± 1.02b	35.37 ± 2.22ab	35.76 ± 2.25a	5.21 ± 0.06a	2.50 ± 0.02a	2.53 ± 0.03a	0.37 ± 0.01ab
-0.79MPa NaCl	16.21 ± 1.05ab	38.93 ± 2.25a	32.79 ± 2.21a	4.73 ± 0.04ab	2.40 ± 0.02ab	2.02 ± 0.04ab	0.29 ± 0.00bc
-0.79MPa PEG	13.04 ± 1.00b	34.94 ± 2.23b	31.00 ± 2.20a	4.99 ± 0.05a	2.68 ± 0.03a	2.38 ± 0.05ab	0.38 ± 0.01a
-1.83MPa NaCl	19.78 ± 1.04a	23.25 ± 2.10d	30.95 ± 2.22a	4.29 ± 0.04b	1.18 ± 0.02c	1.56 ± 0.02b	0.22 ± 0.00c
-1.83MPa PEG	15.14 ± 1.03ab	30.17 ± 2.08c	31.86 ± 2.21a	4.78 ± 0.06ab	1.99 ± 0.02b	2.10 ± 0.03ab	0.32 ± 0.00ab
叶 Leaf							
CK	18.28 ± 1.04b	36.79 ± 2.29ab	35.86 ± 2.31a	6.35 ± 0.09a	2.01 ± 0.04a	1.96 ± 0.02a	0.35 ± 0.00a
-0.79MPa NaCl	20.63 ± 1.05ab	39.83 ± 2.34a	34.50 ± 2.24a	5.94 ± 0.07ab	1.93 ± 0.03a	1.67 ± 0.03c	0.29 ± 0.00ab
-0.79MPa PEG	17.40 ± 1.03b	36.31 ± 2.37ab	33.40 ± 2.26ab	6.15 ± 0.08a	2.09 ± 0.04a	1.92 ± 0.02ab	0.35 ± 0.00a
-1.83MPa NaCl	24.85 ± 1.06a	25.53 ± 2.17c	32.70 ± 2.21b	5.77 ± 0.06b	1.03 ± 0.01b	1.32 ± 0.01d	0.23 ± 0.00b
-1.83MPa PEG	18.99 ± 1.04b	32.63 ± 2.13b	33.47 ± 2.26ab	6.09 ± 0.07a	1.72 ± 0.02a	1.76 ± 0.02bc	0.32 ± 0.00ab

### 3 讨论

#### 3.1 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗生长的影响

盐胁迫通过渗透胁迫、离子毒害和离子失衡来抑制植物生长<sup>[16]</sup>。干旱胁迫通过渗透胁迫对植物产生伤害,使植物的发育滞缓,产量和品质下降,甚至死亡<sup>[17]</sup>。本试验通过等渗 NaCl 和 PEG 胁迫对白刺幼苗生长的变化,证明了白刺在低浓度的盐分和水分胁迫下均有一定的耐盐和耐旱能力,但在高浓度下,耐盐和耐旱能力降低,且等渗条件下耐旱能力较耐盐能力强,这与赵纪东等<sup>[18]</sup>和李清河等<sup>[19]</sup>研究结果基本一致。赵可夫等<sup>[20]</sup>认为在长期无盐的环境下,白刺的营养生长和生殖生长都受到抑制,而提供一定的盐分会促进生长,这与本研究有所不同,本研究认为在低盐和高盐下对白刺幼苗的生长均产生抑制作用,但抑制程度不同,低盐(100 mmol·L<sup>-1</sup>)下抑制作用不明显,高盐(300 mmol·L<sup>-1</sup>)下抑制作用较强,这可能与盐浓度的范围有关;陈贵林等<sup>[21]</sup>报道 NaCl 胁迫浓度在 50 mmol·L<sup>-1</sup>时能显著促进白刺幼苗的生长,而在 100 mmol·L<sup>-1</sup>和 200 mmol·L<sup>-1</sup>时显著抑制幼苗的生长,这与本研究的结果一致。

#### 3.2 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量的影响

渗透调节是植物应对盐渍和干旱等逆境的一种重要方式,对植物在胁迫条件下的生长发育具有积

极意义。渗透调节可通过合成和积累有机小分子物质,以维持高的细胞质渗透压,便于植物在盐害或旱害条件下对水分的吸收,以保证细胞正常的生理功能。本试验通过等渗 NaCl 和 PEG 胁迫对白刺幼苗可溶性糖和脯氨酸含量的变化,证明了在等渗低浓度下白刺幼苗对盐分胁迫和水分胁迫的渗透调节能力相当,在等渗高浓度下白刺幼苗对水分胁迫的渗透调节能力强于对盐分胁迫的,这与徐世健等<sup>[22]</sup>和 Blackmans A<sup>[23]</sup>结果一致,盐分胁迫虽然也造成植物脱水,但在脱水的同时也使植物处于高浓度的 Na<sup>+</sup>环境中,植物在耐盐和耐旱方面既有相同之处又有所差别,这与郑青松等<sup>[1]</sup>研究芦荟的结果一致,但与 Sairam 等<sup>[24]</sup>研究结果相反,这可能由于不同植物之间耐盐和耐旱机理不同所致。

植物在逆境下遭受伤害时,膜脂发生过氧化作用,酶的活性增强,丙二醛(MDA)是检测植物伤害的重要指标。本试验中在等渗低浓度下水分和盐分胁迫对细胞膜的伤害作用相当,等渗高浓度下盐分胁迫对细胞膜的伤害作用大于水分胁迫,这与陈贵林等和汪月霞等<sup>[25]</sup>基本一致。

#### 3.3 等渗透势盐分和水分胁迫对白刺幼苗离子含量和离子分配的影响

盐胁迫下外界高浓度 Na<sup>+</sup> 取代细胞质膜上 Ca<sup>2+</sup>,破坏质膜选择性透性,使胞内离子外渗,通常还伴随着一些内膜结构破坏,而且抑制根系对 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 的吸收<sup>[26-28]</sup>。本试验中通过等渗盐分

和水分胁迫对白刺幼苗不同器官离子含量和离子比值的变化,证明了白刺作为盐生植物需要一定浓度的  $\text{Na}^+$  来维持细胞的渗透势,满足水分需求,同时根系通过增加  $\text{K}^+$  吸收来抑制  $\text{Na}^+$  大量进入,保持较高  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$  和  $\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$  来维持地上部离子平衡,从而缓解盐胁迫对白刺幼苗的伤害,这可能是盐生植物白刺在低盐下生长受到促进,适应盐渍环境的重要原因<sup>[29]</sup>。在高盐环境中根部贮存较多的  $\text{Na}^+$ ,减少向地上部、尤其是叶片的运输,从而减轻高盐胁迫对幼苗的伤害,这可能是白刺作为稀盐盐生植物耐盐的特点之一,这与赵可夫等<sup>[20]</sup>和陈贵林等<sup>[21]</sup>基本一致。本研究认为白刺幼苗耐盐的机理主要是通过不同组织盐离子的区域化分布和调节幼苗不同组织的离子平衡来抵抗盐害的。水分胁迫对白刺幼苗离子含量及离子比值的影响不大,对白刺幼苗生长的抑制不是离子毒害造成的,而是渗透胁迫造成的,这与赵纪东等<sup>[18]</sup>和张明生等<sup>[30]</sup>结果一致。白刺幼苗耐旱的机理主要通过积累大量有机小分子物质来抵抗旱害的。本文报道了等渗盐分( $\text{NaCl}$ )和水分(PEG)胁迫对白刺幼苗生长的效应及幼苗不同组织离子吸收分配的差异,关于各种离子在细胞水平上的分配情况尚不清楚,有待于进一步研究。

#### 参 考 文 献:

[1] 郑青松,刘兆普,刘友良,等.等渗的盐分和水分胁迫对芦荟幼苗生长和离子分布的效应[J].植物生态学报,2004,28(6):823-827.

[2] 许兴,郑国琦,邓西平,等.水分和盐分胁迫下春小麦幼苗渗透调节物质积累的比较研究[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):52-56.

[3] Munus R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant Cell Environ, 2002,25:239-250.

[4] Fowers T J, Koyama M L, Flowers S A. QTL: their place in engineering tolerance of rice to salinity[J]. Journal of Experimental Botany, 2000,51(342):99-106.

[5] 朱莉华,方振堃,索有瑞.柴达木盆地白刺特点及其开发利用前景[J].青海科技,2005,6:12-15.

[6] 李双福,张启昌,张起超,等.白刺属植物研究进展[J].北华大学学报,2005,6(1):78-81.

[7] 高航,李天才,索有瑞.柴达木地区唐古特白刺和西伯利亚白刺中矿物质元素的分析[J].广东微量元素科学,2002,9(8):52-54.

[8] 张忠远.海滨重盐碱地白刺人工造林技术研究[J].林业科技通讯,1999,6:10-13.

[9] 任红旭,陈雄,王亚薇.抗旱性不同的小麦幼苗在水分和盐胁迫下抗氧化酶和多胺的变化[J].植物生态学报,2001,25(6):

709-715.

[10] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003.

[11] 於丙军,李锁娜,刘友良.大豆苗期盐害离子效应的比较[J].南京农业大学报,2002,25(1):5-9.

[12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.

[13] 管志勇,陈发棣,陈素梅,等.NaCl胁迫对2个菊属野生种幼苗体内  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  分布及生长的影响[J].生态学报,2010,30(12):3198-3205.

[14] 王宝山,赵可夫.小麦叶片中  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  提取方法的比较[J].植物生理学通讯,1995,31(1):50-52.

[15] 明道绪.生物统计附试验设计[M].北京:中国农业出版社,2007.

[16] Badawi G H, Yamauchi Y, Shimada E. Enhanced tolerance to salt stress and water deficit by over expressing superoxide dismutase in tobacco (*Nicotiana tabacum*) chloroplasts[J]. Plant Sci, 2004,166:919-928.

[17] Zhu J K. Salt and drought stress signal transduction in plants[J]. Ann Rev Plant Biol, 2002,53:247-273.

[18] 赵纪东,傅华,吴彩霞.水分胁迫对白刺幼苗生物量和渗透调节物质积累的影响[J].西北植物学报,2006,26(9):1788-1793.

[19] 李清河,张景波,李慧卿,等.不同种源白刺幼苗生理生长对水分梯度的响应差异[J].林业科学,2008,44(1):52-56.

[20] 赵可夫,范海.盐生植物及其对盐渍生境的适应生理[M].北京:科学出版社,2005.

[21] 陈贵林,王晨霞,陈建英.NaCl胁迫对白刺试管苗渗透调节物质及离子含量的影响[J].西北植物学报,2009,29(6):1233-1239.

[22] 徐世健,安黎哲,冯虎元,等.两种沙生植物抗旱生理指标的比较研究[J].西北植物学报,2000,20(2):224-228.

[23] Blanckmans A. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds[J]. Plant Physiology, 1992,100:225-230.

[24] Sairam P K, Tyagi A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants[J]. Current Sci, 2004,86(3):407-421.

[25] 汪月霞,孙国荣,王建波.NaCl胁迫下星星草幼苗MDA含量与膜透性及叶绿素荧光参数之间的关系[J].生态学报,2006,26(1):122-128.

[26] Cramer G R, Lauchli A, Polito V S. Displacement of  $\text{Ca}^{2+}$  by  $\text{Na}^+$  from the plasmalemma of root cells. A Primary response to salt stress[J]. Plant Physiology, 1985,79:207-211.

[27] Horie T, Schroeder J. Sodium transporters in plants. Diverse and physiological function[J]. Plant Physiology, 2004,136:2457-2462.

[28] 郭晓瑞.ABA对长春花耐受高温胁迫的作用及其蛋白质组学研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2004.

[29] 陈亚华,沈振国,刘友良,等.NaCl胁迫下棉花幼苗的离子平衡[J].棉花科学,2001,13(4):225-229.

[30] 张明生,杜建厂,谢波,等.水分胁迫下甘薯叶片渗透调节物质含量与品种抗旱性的关系[J].南京农业大学学报,2004,27(4):123-125.