

# NaCl 对碱谷幼苗无机离子 含量和生长的影响\*

张 臻 陈 勇 吕芝香 仲崇信

(南京大学生物科学与技术系, 南京 210093)

**摘要** 用等离子耦合吸收光谱(ICP)和 DDS-11A 型电导仪进行的分析表明, 培养在含 NaCl 营养液中, 碱谷(*Eleusine coracana* L.) 幼苗根吸收大量  $\text{Na}^+$ , 而对  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$  和  $\text{Mg}^+$  的吸收降低,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值增加, 同时质膜相对透性提高,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Pi}^{5+}$  的相对外渗百分率增加。在 NaCl 的胁迫下, 碱谷种子的发芽率降低, 幼苗的生长受抑制。

**关键词** NaCl; 碱谷; 无机离子; 质膜相对透性

## Effect of NaCl on growth and inorganic ion content of *Eleusine coracana* seedlings

Zhang Zhen, Chen Yong, Lu Zhi-Xiang and Zhong Chong-Xin (Department of Biological Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093), *J. Plant Resour. & Environ.* 1996, 5(2): 19~22

The influence of NaCl on germination of seeds and growth of seedlings as well as on permeability of plasma membrane and content of inorganic ions in roots of *Eleusine coracana* L. are presented. The results showed that the germination percentage reduced and the growth was inhibited under NaCl stress. The contents of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Pi}^{5+}$  of roots grown in Hoagland solution containing NaCl were higher than those grown in control solution without NaCl; and on the contrary, the contents of  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  were lower. Therefore, the ratio of  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  was enhanced. Under NaCl stress the efflux percentage of  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Pi}^{5+}$  increased.

**Key words** NaCl; *Eleusine coracana* L.; relative permeability of plasma membrane; inorganic ions

植物受盐境胁迫时, 生长被抑制<sup>[1,7]</sup>, 细胞质膜结构发生变化<sup>[7]</sup>。Weimberg<sup>[12]</sup>指出, 植物生长受抑制与植物组织内  $\text{Na}^+$  含量和  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值的提高有关。在高浓度 NaCl 中,  $\text{Na}^+$  取代根细胞质膜上的  $\text{Ca}^{2+}$ , 并引起细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  的外流, 从而导致根细胞质膜透性的增大<sup>[3,10,19]</sup>。

碱谷(*Eleusine coracana* L.) 是一种耐盐性较强的粮草兼用植物。适用于在轻重盐碱地、低洼易涝和贫瘠干旱地区栽种。本文研究 NaCl 对碱谷种子发芽率、幼苗生长、根细胞质膜透性和无机离子含量的影响。目的是探讨碱谷的耐盐力, 以便应用于盐碱土壤的改良和利用。

## 1. 材料和方法

1.1 材料 碱谷(*Eleusine coracana* L.)。

1.2 发芽率的测定 把碱谷种子洗净,在铺有滤纸的培养皿中撒播定量的种子,分别加定量的蒸馏水,100, 200 和 300 mmol/L 的 NaCl 溶液,置于暗室中萌发,并于播种的第 2, 4, 6, 8, 10 和 12 d 分别统计发芽数。

1.3 幼苗的培养 碱谷种子萌芽达 1.5 cm 时,移入 25℃ 左右,50  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  光强的培养箱中,进行如下处理:(1) Hoagland 营养液,(2) Hoagland 营养液 + NaCl 50 mmol/L,(3) Hoagland 营养液 + NaCl 100 mmol/L,(4) Hoagland + NaCl 200 mmol/L,每天光照 12 h,更换 2 次培养液。取培养 0, 5, 10 和 15 d 的植株,测量地上部的长度;取培养 15 d 的根进行外渗百分率和质膜相对透性分析;并取培养 28 d 的根进行无机离子含量测定,重复 2~3 次。

1.4 无机离子含量的测定 按电感耦合等离子直读光谱仪(IPC,美国 JA-110063 道真空型)所要求的条件制备样品,测定  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Pi}^{5+}$  等离子的含量。

1.5 质膜透性和离子外渗率的测定 参照李锦树等<sup>[5]</sup>方法制备样品,用 DDS-11A 型电导仪测定电导率,然后将样品煮沸,冷却后再测定总电导率,以电导率和总电导率的比值来表示质膜的相对透性。用 IPC 测定外渗液  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Pi}^{5+}$  和总的  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Pi}^{5+}$  等离子浓度,以外渗液离子浓度和总离子浓度的比值来表示离子的外渗百分率。

## 2. 结果与讨论

2.1 NaCl 对碱谷根质膜透性和无机离子含量的影响 NaCl 对碱谷根质膜相对透性及  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Pi}^{5+}$  等离子的外渗百分率的影响分别见图 1 和图 2。培养在 Hoagland 营养液和含 NaCl 50, 100 和 200 mmol/L 营养液中的碱谷根,相对透性分别为 78.6%, 84.5%, 88.7% 和 91.0% (图 1)。培养在 Hoagland 营养液和含 NaCl 200 mmol/L 营养液中的根,其  $\text{K}^+$  的外渗百分率分别为 77.2% 和 79.5%,  $\text{Na}^+$  为 67.5% 和 96.8%,  $\text{Ca}^{2+}$  为 82.5% 和 94.6%,  $\text{Mg}^{2+}$  为 72.9% 和 94.1%, 而  $\text{Pi}^{5+}$  为 61.3% 和 72.8% (见图 2)。可见,在盐胁迫下碱谷根的质膜透性和离子外渗百分率明显增加,并随着外部 NaCl 浓度的提高其增加更为显著。这一结果与棉花、玉米和小麦在水分和盐胁迫下的结果相似<sup>[3-5]</sup>。表明了质膜是外界盐分进入细胞必须经过的第一道屏障,在盐胁迫条件下细胞质膜必然受到损伤。

碱谷根无机离子含量的变化见图 3,培养在含 NaCl 营养液中的根积累大量的  $\text{Na}^+$  而对  $\text{K}^+$  的吸收则降低。与培养在不含 NaCl 营养液中的根相比较,培养在含 NaCl 营养液中的根的  $\text{Na}^+$  含量增加到前者的 9.5~24.4 倍;而  $\text{K}^+$  含量则为前者的 43.8%~59.5%,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值提高,且其比值随营养液中所含 NaCl 浓度的增大而升高(见表 1)。培养在含 NaCl 50 mmol/L

表 1 NaCl 对碱谷根  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值的影响

Tab 1 Effect of NaCl on  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ratio of *Eleusine coracana*

处理 Treatment	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+/\text{K}^+$ ratio
Hoagland	2.8±0.92	30.4±1.98	0.092
Hoagland + NaCl 50 mmol/L	26.5±0.88	13.3±0.56	1.99
Hoagland + NaCl 100 mmol/L	39.9±0.65	17.1±0.81	2.33
Hoagland + NaCl 200 mmol/L	68.3±1.69	18.1±1.57	3.77

和 100 mmol/L 的营养液中的根,  $Ca^{2+}$  含量明显下降( $P < 0.01$ ), 而在含 NaCl 200 mmol/L 营养液中, 其含量略有上升, 但仍比对照低, 而  $Pi^{5+}$  的含量则随着外部 NaCl 浓度的增加而增加( $P < 0.05, 0.01$ ) (见图 3)。吕芝香等<sup>[2]</sup>对互花米草的研究表明, 盐胁迫下植物根大量吸收  $Na^+$ , 而  $K^+$  的含量下降, 并抑制了其对  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  的吸收。在高浓度的 NaCl 溶液中,  $Na^+$  将取代植物细胞质膜上的  $Ca^{2+}$ , 导致细胞  $Na^+$  含量和质膜透性的增加。Lynch 等<sup>[9, 10]</sup>的研究也表明, 盐胁迫引起细胞  $Ca^{2+}$  的外渗, 影响了细胞质膜的透性。我们用碱谷根的研究结果表明与上述结果相似, 说明在 NaCl 的胁迫下  $Na^+$  含量增加,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  的含量降低, 细胞质膜的结构发生变化。

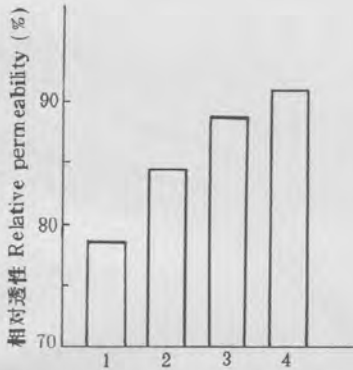


图 1 不同浓度 NaCl 对碱谷根质膜相对透性的影响  
Fig 1 Effect of NaCl with various concentration on the permeability of plasma membrane from roots of *Eleusine coracana*

1. Hoagland; 2. Hoagland + NaCl 50 mmol/L; 3. Hoagland + NaCl 100 mmol/L; 4. Hoagland + NaCl 200 mmol/L

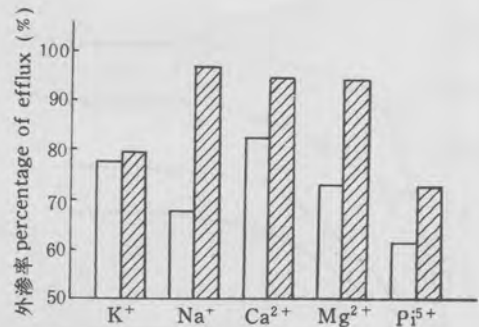


图 2 NaCl 对碱谷根  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  和  $Pi^{5+}$  的相对外渗率的影响  
Fig 2 Effect of NaCl on efflux percentage of  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  and  $Pi^{5+}$  from roots of *Eleusine coracana*

1. Hoagland; 2. Hoagland + NaCl 200 mmol/L

### 2.2 NaCl 对碱谷种子发芽率和幼苗生长的影响

在含 NaCl 浓度分别为 0, 100, 200 和 300 mmol/L 的溶液中, 碱谷种子发芽率见图 4, 可以看出播种 2 d 的发芽率就有明显差异( $P < 0.01$ ), 播种的第 4 d 发芽率就分别达到各组总发芽数的 90.5%, 78.9%, 64.8% 和 55.0%。以播种在蒸馏水中第 12 d 的发芽数为 100% 计算, 那么在含 NaCl 100, 200 和 300 mmol/L 的营养液中的种子的发芽率分别为 80%, 57% 和 42%。该结果表明, NaCl 明显影响碱谷种子发芽率和发芽速度。在不同浓度 NaCl 营养液中, 碱谷幼苗生长速度的变化如图 5 所示, 在 NaCl 营养液中, 幼苗生长受抑制, 并随培养基 NaCl 浓度的增加和培养时间的延长, 抑制更显著。盐胁迫抑制生长的原因, Robinson<sup>[11]</sup>指出, 这是由于组织内部积累较多的 NaCl 所致。

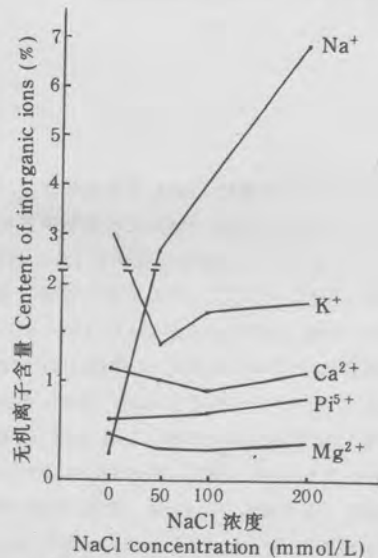


图 3 培养在不同浓度 NaCl 中碱谷根的无机离子含量  
Fig 3 Content of inorganic ions of *Eleusine coracana* roots cultured in NaCl with various concentration

盐胁迫抑制生长与组织内  $\text{Na}^+$  含量和  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值的升高有关<sup>[2,6,7,12]</sup>。本研究的结果进一步表明,当幼苗培养在含  $\text{NaCl}$  的营养液中,生长受抑制时,植株体内积累了大量的  $\text{Na}^+$  离子,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值提高,同时,在高浓度  $\text{NaCl}$  条件下,溶液中的  $\text{Na}^+$  会取代植物细胞质膜上的  $\text{Ca}^{2+}$ ,这一结果与 Cramer 等和 Lahaye 等的结果相似<sup>[7,8]</sup>。因此,我们认为盐境抑制碱谷生长的原因可能是,由于盐境中幼苗积累过多的  $\text{Na}^+$ ,降低了水势;在高浓度  $\text{NaCl}$  溶液中,根吸收了大量的  $\text{Na}^+$ ,影响了对其他元素的吸收,造成胞内离子不平衡;同时,在高浓度  $\text{NaCl}$  溶液中,  $\text{Na}^+$  取代质膜上的  $\text{Ca}^{2+}$ ,破坏了质膜的选择透性,影响了细胞正常生理功能,从而抑制了幼苗的生长。

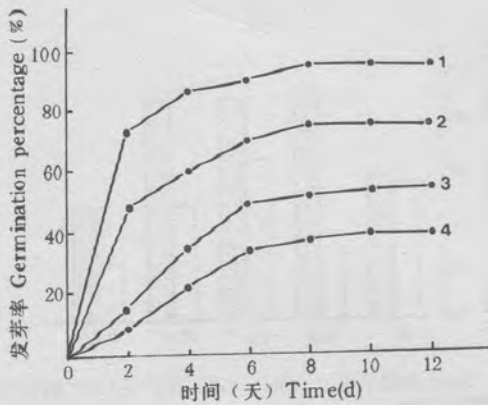


图4 不同浓度  $\text{NaCl}$  对碱谷种子发芽率的影响  
Fig 4 Effect of  $\text{NaCl}$  with various concentration on germination ratio of *Eleusine coracana*  
1. Distilled water; 2.  $\text{NaCl}$  100 mmol/L;  
3.  $\text{NaCl}$  200 mmol/L; 4.  $\text{NaCl}$  300 mmol/L.

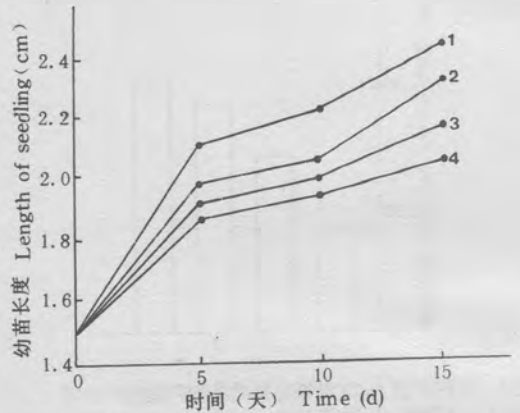


图5 不同浓度  $\text{NaCl}$  对碱谷幼苗生长的影响  
Fig 5 Effect of  $\text{NaCl}$  with various concentration on growth of *Eleusine coracana*  
1. Hoagland; 2. Hoagland +  $\text{NaCl}$  50 mmol/L; 3. Hoagland +  $\text{NaCl}$  100 mmol/L; 4. Hoagland +  $\text{NaCl}$  200 mmol/L;

### 参 考 文 献

- 1 吕芝香,许 斌,毕晨光. 1986: 南京大学学报(自然科学版) 22(1):100~105.
- 2 吕芝香,刘珍奇,仲崇信. 1992: 武汉植物学研究 10(2):117~122.
- 3 吕芝香,王正刚. 1993: 植物生理学报 19(4):325~332.
- 4 李锦树,王洪春,王文英. 1983: 植物生理学报 9(3):223~228.
- 5 赵可夫. 1989: 植物生理学报 15(2):173~178.
- 6 Clongh B F. 1984: *Aust J Plant Physiol* 11: 419~430.
- 7 Cramer C R, A Lanchli, V S Polito. 1985: *Plant Physiol* 79: 207~211.
- 8 Lahaye P A, E Epstein. 1969: *Science* 166: 395~396.
- 9 Lynch J, A Lauchli. 1988: *Plant Physiol* 87: 351~356.
- 10 Lynch J, V B Polito, A Lauchli. 1989: *Plant Physiol* 90: 1271~1274.
- 11 Robinson N P, W John, S Downton. 1985: *Aust J Plant Physiol* 12: 471~479.
- 12 Weimberg R. 1986: *Physiol Plant* 70: 129~135.