

KCl 和 NaCl 对毕氏海蓬子生长和几种抗氧化酶活性的影响

周峰*, 周泉澄, 华春, 陈全战

南京晓庄学院生命科学系, 南京 211171

摘要: 50~200 mmol·L⁻¹ NaCl 显著促进海蓬子生长和抗氧化酶[超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)]活性, 与NaCl浓度相同的KCl明显抑制海蓬子生长和此3种酶的活性, 但KCl下的超氧阴离子(O₂⁻)和丙二醛(MDA)含量增加程度则明显高于同浓度的NaCl处理。据此认为, KCl伤害海蓬子的原因之一是抗氧化酶活性下降, 不能及时清除活性氧, 以致活性氧和MDA积累, 引起质膜伤害, 海蓬子生长受抑和生长量下降。

关键词: 毕氏海蓬子; KCl处理; NaCl处理; 生长; 抗氧化酶

Effects of KCl and NaCl on Growth and Several Antioxidative Enzyme Activities of *Salicornia bigelovii* Torr.

ZHOU Feng*, ZHOU Quan-Cheng, HUA Chun, CHEN Quan-Zhan

Department of Life Science, Nanjing Xiaozhuang College, Nanjing 211171, China

Abstract: Halophyte *Salicornia bigelovii* was treated with different concentrations of KCl and NaCl. The results demonstrated that 50–200 mmol·L⁻¹ NaCl significantly enhanced the growth, superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities of *S. bigelovii*. While the growth of *S. bigelovii* was markedly decreased when the plants were treated with 100–200 mmol·L⁻¹ KCl. KCl led to the decrease of SOD, POD and CAT activities. The superoxide anion (O₂⁻) and malondialdehyde (MDA) contents were increased markedly under 100–200 mmol·L⁻¹ KCl treatment contrasting with the same NaCl concentration. The results suggested that one reason for KCl toxicity was that the system of antioxidant enzymes could not scavenge the reactive oxygen species in time, which caused the accumulation of reactive oxygen species and the damage of membrane, which in turn caused the accumulation of MDA, so the growth of *S. bigelovii* was inhibited.

Key words: *Salicornia bigelovii*; KCl treatment; NaCl treatment; growth; antioxidant enzyme

K⁺ 稳态在植物耐盐性中很重要(周峰等 2003), 但 K⁺ 大量积累会抑制高等盐生植物的生长(Weimberg 等 1984)。一般认为, 植物能够耐受 NaCl 胁迫而不能耐受相同浓度 KCl 的胁迫, 但 KCl 伤害的原因尚不清楚。赵可夫等(1995)的实验结果表明, 高浓度 KCl 抑制盐生植物生长可能与光合速率下降有关。刘沛然和武维华(1999)报道, KCl 对单细胞杜氏盐藻生长的抑制可能与质膜质子泵活力下降有关。李圆圆等(2003)认为, KCl 抑制盐生植物碱蓬根系吸水, 致使植株缺水引起伤害。本文以相同浓度的 KCl 和 NaCl 处理海蓬子, 比较两种盐胁迫对海蓬子生长和几种抗氧化酶活性的影响, 探讨 KCl 胁迫对盐生植物伤害的原因。

材料与方 法

实验材料为毕氏海蓬子(*Salicornia bigelovii*

Torr.)。种子由南京农业大学光合与逆境生理实验室提供。在湿沙中萌发后生长一致的海蓬子幼苗移栽到装有细沙的塑料盆中, 每盆 10 株, 用 1/2Hoagland 营养液(pH 5.7)浇灌, 培养室内昼夜温度为(30±2)/(23±2) °C, 相对湿度为 60%~80%, 光照强度约为 600 μmol·m⁻²·s⁻¹, 每天照光 15 h, 幼苗长至 5~6 cm 时用盐溶液处理。对照用完全 Hoagland 营养液浇灌。NaCl 和 KCl 处理时, 分别用含有 NaCl 和 KCl 的完全 Hoagland 营养液, 每 12 h 递增 50 mmol·L⁻¹ 至终浓度, 每天浇灌 2 次, 早晚各 1 次, 浇灌量为细沙流量的 2 倍, 以保持 KCl 和 NaCl 浓度恒定。每个处理于同一天达到终浓度,

收稿 2007-10-03 修定 2008-01-13

资助 江苏省高校自然科学基金面上项目(07KJD180126、05KJD180118 和 07KJD180125)和南京晓庄学院生态学重点建设学科项目。

* E-mail: zfibcas@163.com; Tel: 025-86178270

达终浓度后再处理 7 d, 测量其各种生理指标。

整株植物从培养盆内取出后用去离子水快速冲洗干净, 再用吸水纸吸干称鲜重; 超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性采用南京建成生物工程公司 SOD 试剂盒测定; 过氧化物酶(peroxidase, POD)活性用愈创木酚法(李瑞智 1984)测定; 过氧化氢酶(catalase, CAT)活性参照李合生(2000)书中的方法测定; 丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量参照 Heath 和 Packer (1968)文中的硫代巴比妥酸比色法测定; 超氧阴离子(O_2^-)产生速率参照王爱国和罗广华(1990)的方法测定。

实验结果

1 NaCl 和 KCl 对海蓬子生长的影响

图 1 表明, 50~200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaCl 促进了海蓬子的生长, 各浓度 NaCl 处理条件下, 海蓬子整株植物鲜重都有提高, 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 处理下达最大值, NaCl 浓度再高时(400 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl)即下降(资料未列出)。50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的海蓬子整株鲜重有所增加, 但未达到显著水平($P>0.05$); 100 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的海蓬子鲜重显著下降($P<0.05$); 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 对海蓬子伤害强烈, 明显抑制海蓬子的生长, 其鲜重仅为未经 KCl 处理的 61%; KCl 高于 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 生长差, 甚至枯萎死亡(资料未列出)。

2 NaCl 和 KCl 对海蓬子几种抗氧化酶活性的影响

由图 2 可以看出, 经 50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 处理的 SOD 活性显著增加($P<0.05$), 150 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 处理的最大。50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的有所上

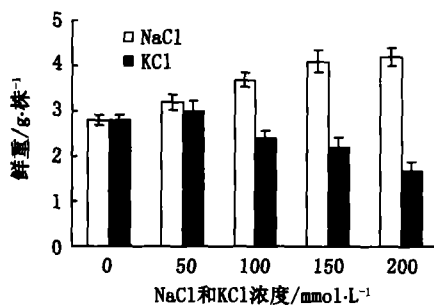


图 1 NaCl 和 KCl 对海蓬子鲜重的影响
Fig.1 Effects of NaCl and KCl on fresh weights of *S. bigelovii*
数据为 5 个重复的平均值 \pm SD。

升, 但 100 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的与未经 KCl 处理的相比, 其 SOD 活性显著下降($P<0.05$), 并且随着 KCl 浓度的增加而下降, 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的 SOD 活性仅为未经 KCl 处理的 57%。

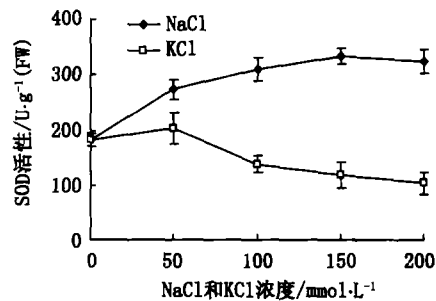


图 2 NaCl 和 KCl 对海蓬子地上部分 SOD 活性的影响
Fig.2 Effects of NaCl and KCl on SOD activities of shoot of *S. bigelovii*
数据为 5 个重复的平均值 \pm SD。

如图 3 所示, 50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 处理的海蓬子 POD 活性明显升高($P<0.05$), 并且随着 NaCl 浓度的增加而增加, 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 处理的 POD 活性最高。KCl 处理的 POD 活性变化与 NaCl 处理的明显不同, 海蓬子的 POD 活性随着 KCl 浓度的增加呈下降趋势, 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的 POD 活性最低。

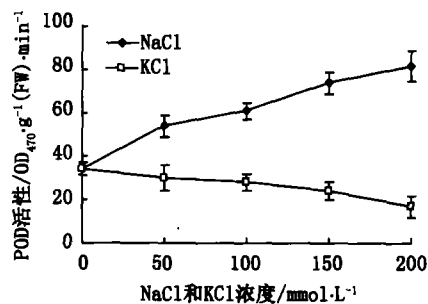


图 3 NaCl 和 KCl 对海蓬子地上部分 POD 活性的影响
Fig.3 Effects of NaCl and KCl on POD activities of shoot of *S. bigelovii*
数据为 5 个重复的平均值 \pm SD。

经 NaCl 处理的海蓬子 CAT 活性呈上升趋势, 150 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl 处理的 CAT 活性最高。与 NaCl 处理的明显不同, 经 KCl 处理的海蓬子的 CAT 活性呈下降趋势, 200 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl 处理的 CAT 活性最低(图 4)。

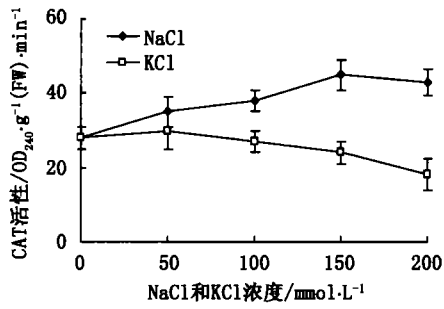


图4 NaCl和KCl对海蓬子地上部分CAT活性的影响

Fig.4 Effects of NaCl and KCl on CAT activities of shoot of *S. bigelovii*

数据为5个重复的平均值±SD。

3 NaCl和KCl对海蓬子O₂⁻含量的影响

图5表明,经NaCl处理的海蓬子幼苗体中O₂⁻产生速率变化不显著($P>0.05$),而经KCl处理的海蓬子O₂⁻产生速率则呈上升趋势。与未经KCl处理的相比,100 mmol·L⁻¹ KCl处理的O₂⁻产生速率显著升高($P<0.05$),200 mmol·L⁻¹ KCl处理的最高。100~200 mmol·L⁻¹ KCl处理的海蓬子,其O₂⁻产生速率明显高于相同浓度NaCl处理的($P<0.05$),这表明KCl对海蓬子幼苗的胁迫大于相同浓度NaCl处理的。

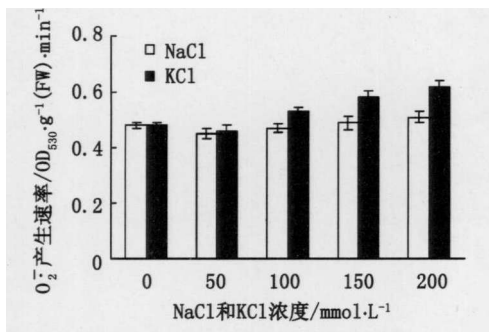
图5 NaCl和KCl对O₂⁻产生速率的影响

Fig.5 Effects of NaCl and KCl on producing rate of O₂⁻

数据为5个重复的平均值±SD。

4 NaCl和KCl对海蓬子中MDA含量的影响

如图6所示,NaCl处理的海蓬子的MDA含量基本上保持稳定($P>0.05$)。KCl处理的,除50 mmol·L⁻¹外,其他浓度处理的海蓬子中MDA含量都明显高于未经KCl处理的($P<0.05$),200 mmol·L⁻¹处理的MDA含量最大,100~200 mmol·L⁻¹ KCl处理的海蓬子明显高于相同浓度NaCl处理

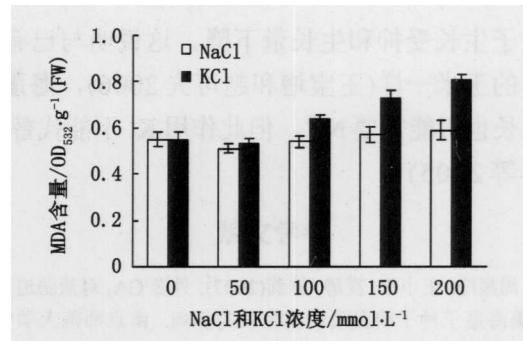


图6 NaCl和KCl对MDA含量的影响

Fig.6 Effects of NaCl and KCl on MDA contents

数据为5个重复的平均值±SD。

的($P<0.05$)。

讨论

K⁺是植物必需的三大营养元素之一,参与植物的生长和很多生理代谢过程(Zhu 2000)。Na⁺与K⁺的化学性质有很多相似性,但生物功能却完全不同。Na⁺主要是增大植物细胞渗透势,提高原生质的亲水性,Na⁺还是某些盐生植物的有益元素,而其他非盐生植物并不需要Na⁺。一般认为,植物能耐受NaCl胁迫而不能耐受同浓度的KCl胁迫,至于在与Na⁺非常相似的K⁺中为何盐生植物生长不良,其原因还不十分清楚。已有的报道认为,高浓度KCl抑制盐生植物生长可能与光合速率受抑制有关(赵可夫等1995),而且这种抑制作用可能与K⁺抑制质膜的质子泵活性有关(刘沛然和武维华1999)。也有人认为,KCl抑制盐生植物碱蓬根系吸水,而对蒸腾速率并无影响,因而水分吸收速率与蒸腾速率比值下降,植株缺水引起伤害(李圆圆等2003)。其中机制,值得深入探讨。

植物在逆境胁迫下,活性氧会大大增加,并对植物有着强烈的毒害作用(Ouariti等1997)。MDA是膜脂氧化的产物,其积累后会引发酶和膜的损伤,导致膜结构和生理机能的破坏,最终导致代谢紊乱,致使植物受害(华春等2007; Kanazawa等2000)。本文结果表明,NaCl处理的海蓬子SOD、POD和CAT的活性均呈上升趋势;而与NaCl处理不同的是,经KCl处理的海蓬子的抗氧化酶活性则下降,活性氧可能得不到及时清除,以致活性氧和MDA积累,引起质膜伤害,

海蓬子生长受抑和生长量下降。这说明与已有报道中的玉米一样(王宝增和赵可夫 2006), 海蓬子的生长也可能需要 Na^+ , 但此作用 K^+ 不能代替(蔡翠华等 2005)。

参考文献

- 华春, 周泉澄, 王小平, 夏静, 陈莉(2007). 外源 GA_3 对盐胁迫下北美海蓬子种子萌发及幼苗生长的影响. 南京师范大学学报(自然科学版), 30 (1): 82~87
- 李合生(2000). 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 164~169
- 李瑞智, 黄林(1984). SO_2 对作物叶片过氧化物酶的影响. 西南师范学院学报(自然科学版), (3): 114~116
- 李圆圆, 郭建荣, 杨明峰, 王宝山(2003). KCl 和 NaCl 处理对盐生植物碱蓬幼苗生长和水分代谢的影响. 植物生理与分子生物学学报, 29 (6): 576~580
- 刘爱荣, 张远兵, 陈登科(2006). 盐胁迫对盐芥(*Thellungiella halophila*)生长和抗氧化酶活性的影响. 植物研究, 26 (2): 216~221
- 刘沛然, 武维华(1999). 高浓度钾抑制杜氏盐藻生长的生理机制. 植物学报, 41 (6): 617~623
- 蔡翠华, 韩宁, 王宝山(2005). 不同盐处理对盐地碱蓬幼苗肉质化的影响. 植物学通报, 22 (2): 175~182
- 王爱国, 罗广华(1990). 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系. 植物生理学通讯, (6): 55~57
- 王宝增, 赵可夫(2006). 低浓度 NaCl 对玉米生长的效应. 植物生理学通讯, 42 (4): 628~632
- 赵可夫, 范海, Harris PJC (1995). 盐胁迫下外源 ABA 对玉米幼苗耐盐性的影响. 植物学报, 37 (4): 295~300
- 周峰, 李平华, 王宝山(2003). K^+ 营养与植物耐盐性的关系. 植物生理学通讯, 39 (1): 67~70
- Heath RL, Packer L (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch Biochem Biophys, 125 (1): 189~198
- Kanazawa S, Sano S, Koshiha T, Ushimaru T (2000). Changes in antioxidative enzymes in cucumber cotyledons during natural senescence: comparison with those during dark-induced senescence. Physiol Plant, 109 (2): 211~216
- Ouariti O, Boussama N, Zarrouk M, Cherif A, Ghorbal MH (1997). Cadmium- and copper-induced changes in tomato membrane lipids. Phytochemistry, 45: 1343~1350
- Weimberg R, Lemer HR, Poljakoff-Mayber A (1984). Changes in growth and water-soluble solute concentrations in *Sorghum bicolor* stressed with sodium and potassium salts. Physiol Plant, 62: 472~480
- Zhu JK (2000). Genetic analysis of plant salt tolerance using *Arabidopsis*. Plant Physiol, 124: 941~948