

# NaCl 胁迫下海滨锦葵种子萌发和 幼苗生长过程的生理特性变化

尹增芳<sup>1</sup>, 何祯祥<sup>2,①</sup>, 王丽霞<sup>1</sup>, 钦佩<sup>2</sup>

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 南京大学生命科学学院, 江苏 南京 210093)

**摘要:** 以 1/4 Hoagland 溶液为基础培养液, 研究了 0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 和 2.5% NaCl 处理对海滨锦葵 [*Kosteletzkyia virginica* (L.) Presl.] 种子萌发和幼苗生长的影响, 发现随着培养液中 NaCl 浓度的增加, 海滨锦葵种子萌发率逐渐降低; 当 NaCl 浓度达 2.5% 时种子不萌发, 但 NaCl 胁迫解除后, 种子的萌发率水平与对照相当。幼苗在含 0.5% ~ 1.0% NaCl 的培养液中生长状况良好, 叶绿素含量和根系活力明显增高; 但当 NaCl 浓度达 1.5% ~ 2.0% 时, 叶绿素含量和根系活力逐渐下降; 与对照相比, NaCl 胁迫下幼苗的 MDA 水平降低。结果表明, NaCl 胁迫对海滨锦葵种子萌发和幼苗生长有一定的影响, 但海滨锦葵可通过种子休眠、增加根系活力、降低体内 MDA 水平来缓解一定的盐害效应, 以适应盐胁迫的生长环境。

**关键词:** 海滨锦葵; 种子萌发; 盐胁迫; 生理特性

**中图分类号:** Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)01-0014-04

**Physiological characteristic changes during the process of seed germination and seedling growth of *Kosteletzkyia virginica* under the NaCl stress** YIN Zeng-fang<sup>1</sup>, HE Zhen-xiang<sup>2,①</sup>, WANG Li-xia<sup>1</sup>, QIN Pei<sup>2</sup> (1. College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. College of Life Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(1): 14-17

**Abstract:** Using 1/4 Hoagland as the basic culture solution, the status of seed germination and seedling growth of *Kosteletzkyia virginica* (L.) Presl. under 0.5% - 2.5% NaCl stress was researched. With the increasing of NaCl concentration, the seed germination rate decreased gradually. The seeds treated by 2.5% NaCl did not germinated, but seeds still germinated and got similar germination rate as CK when NaCl stress was canceled. The seedlings growing in 0.5% - 1.0% NaCl culture solution were much better than that in higher salt concentration, and had higher chlorophyll content and root system activity than CK, but got bad and chlorophyll content was reduced when seedlings cultured in 1.5% - 2.0% NaCl solution. The MDA content of seedling was decreased under NaCl stress. In addition, the adaptation mechanism of *K. virginica* to NaCl stress was discussed.

**Key words:** *Kosteletzkyia virginica* (L.) Presl.; seed germination; salt stress; physiological characteristics

盐胁迫是影响植物生长、降低农作物产量的主要逆境因素之一。长期以来, 植物耐盐机理以及如何提高植物的耐盐性, 增加在盐胁迫下农作物的产量一直是人们关注的焦点<sup>[1,2]</sup>。有关盐胁迫条件下植物根系活力、光合色素含量、MDA 含量等生理指标的变化已有许多研究, 但对盐生植物适应盐渍环境条件下的生理特性变化的研究报道较少<sup>[3-6]</sup>。研究盐生植物对盐胁迫的生理反应, 不但有助于揭示植物适应盐渍生境的生理机制, 更有助于在生产上采取切实可行的技术措施, 进一步提高盐生植物的

抗盐渍能力, 为盐生植物能在盐渍化土壤上生长创造有利条件。

海滨锦葵 [*Kosteletzkyia virginica* (L.) Presl.] 原产美国东部沿海的含盐沼泽地带, 其生长基质含盐量可高达 2.5%, 是适宜海滨地区生长的多年生草

收稿日期: 2005-07-21

基金项目: 国家高技术研究发展计划("863"计划)资助项目(2002AA629210)

作者简介: 尹增芳(1966-), 女, 江苏邳州人, 博士, 副教授, 主要从事植物发育生物学的研究。

① 通讯作者。

本植物;种子富含蛋白质、脂肪(多为不饱和脂肪酸)与多种矿质元素,有一定的应用价值。1992 年由南京大学引种至中国,并在中国沿海的部分滩涂地带种植<sup>[7]</sup>。本实验研究了 NaCl 胁迫下海滨锦葵种子萌发与幼苗生长过程中一些相关生理生化指标的变化,初步探索了海滨锦葵在盐胁迫条件下的生理适应性,为海滨锦葵的推广应用提供基础资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

实验所用海滨锦葵种子由南京大学生命科学学院盐生植物实验室提供,2004 年 10 月采自江苏省盐城市。

### 1.2 实验方法

1.2.1 种子萌发 选择籽粒饱满的种子 600 粒,播种前用 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸泡 30 min,用水清洗后,加入 70% 乙醇消毒 1~2 min,然后用无菌水清洗 3 次。以 1/4 Hoagland 培养液为对照,分别取 100 粒种子用下列培养液进行处理:含 0.5% NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液;含 1.0% NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液;含 1.5% NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液;含 2.0% NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液;含 2.5% NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液。室温、自然光光照条件下培养,每天记录观察种子萌发和幼苗生长状况,以胚根露出种皮 0.2 cm 长作为种子萌发的标志。培养 27 d 后,将经过上述处理的种子用不含 NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液培养,观察解除盐胁迫后种子的萌发状况。实验重复 3 次,取平均值。

1.2.2 测定方法 在培养 4 周后随即选取幼苗若干株,迅速用吸水纸吸去外表水分,称取幼苗根系 0.2g,用氯化三苯基四氮唑(TTC)法<sup>[8]</sup>测定根系活力;各取叶片 0.2 g 用乙醇-丙酮混合法<sup>[8]</sup>测定叶绿素含量,用三氯乙酸比色法<sup>[8]</sup>测定丙二醛含量。每处理间随机取样,3 次重复,取平均值。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵种子萌发的影响

不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵种子萌发的影响见图 1。在培养 24 h 后,对照组的种子首先萌发,

萌发率也最高,胚根生长迅速,胚芽萌动较快,子叶展开时间也较早;0.5% NaCl 处理组的种子萌发数量次之。随培养液中 NaCl 浓度的增加,种子萌发率不断下降。在整个培养期内,对照组的种子萌发率均高于其他处理组;低浓度 NaCl 处理组的种子萌发率较高浓度 NaCl 处理组高,在 2.5% NaCl 溶液中培养的种子甚至不萌发。

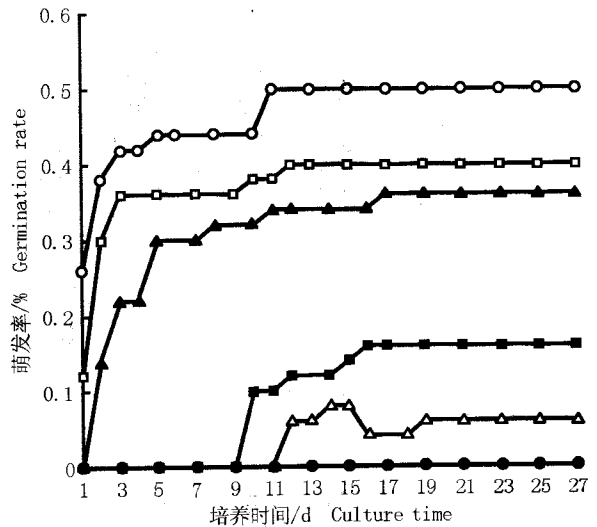


图 1 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵种子萌发率的影响  
Fig. 1 Effects of different concentrations of NaCl on seed germination rate of *Kosteletzkyia virginica* (L.) Presl.

此外,与其他处理组相比,在 2.5% NaCl 溶液中海滨锦葵种子体积变化很小,说明高浓度 NaCl 引起的渗透胁迫导致种子吸水困难,从而抑制了种子的萌发。将经盐胁迫处理的种子重新用不含 NaCl 的 1/4 Hoagland 培养液进行培养,这些在 NaCl 胁迫条件下未萌发的种子可重新萌发,萌发率达到 53.5%。

### 2.2 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗根系活力的影响

植物根系活力的变化与植物抗盐能力的大小密切相关,不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗根系活力的影响见图 2。由图 2 可见,与对照相比,在一定浓度范围内随培养液中 NaCl 浓度的增加,海滨锦葵幼苗根系的活力逐渐增强。当 NaCl 浓度达 1.0% 时,根系活力最高。在 1.5% NaCl 培养液中,幼苗根系活力比在 1.0% NaCl 培养液中略有下降,但仍

然比0.5%和2.0% NaCl 培养液中的幼苗根系活力略高。上述结果说明,在较低浓度 NaCl 胁迫环境中,海滨锦葵根系活力呈上升的趋势,但在 NaCl 浓度较高时,根系活力受到一定程度的影响,呈下降的趋势。另外,观察发现,部分幼苗根的表面呈黄褐色,侧根的数目也相对较少。

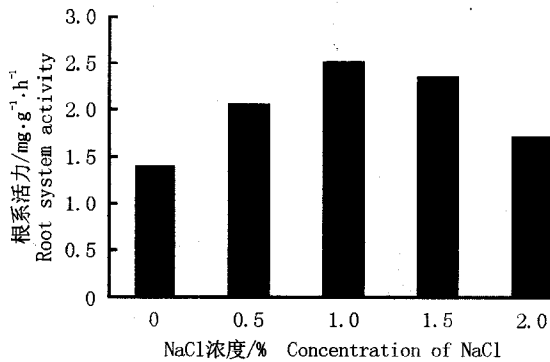


图2 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗根系活力的影响  
Fig. 2 Effects of different concentrations of NaCl on root system activity of *Kosteleykia virginica* (L.) Presl. seedlings

### 2.3 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗叶绿素含量的影响

叶绿素含量的高低在一定程度上可以反映植物利用光能及制造有机物的能力。海滨锦葵幼苗在低盐溶液(0.5%~1.0% NaCl)中培养时,叶绿素含量较对照组高(图3),幼苗的生长状况较好;随培养液中 NaCl 浓度的增加(1.5%~2.0%),叶绿素含量逐渐下降,表明高浓度 NaCl 可抑制海滨锦葵叶绿素的合成,进而减低光合作用的效率,使幼苗的生长状况受到影响。在实验中观察发现,在同样的培养时间内,0.5% NaCl 处理组的幼苗第1片真叶已经展开,而高浓度 NaCl(1.5%~2.0%)培养条件下幼苗往往较为矮小,生长期滞后。

### 2.4 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗丙二醛(MDA)含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化作用的产物之一,它可与膜蛋白发生交联作用,使膜透性增大;又可与细胞内的各种成分发生反应,使膜系统中多种酶的生理功能严重受损伤,因此,可用 MDA 含量来代表植物膜脂过氧化水平,反映植物受伤害的程度<sup>[9]</sup>。受不同浓度 NaCl 胁迫的影响,海滨锦葵幼苗的 MDA 含量均发生了一定的变化。从图4可以看出,在含有 NaCl 的培养液中培养的幼苗,其叶片的

MDA 含量均低于对照组,并且,在 0.5% NaCl 培养液中培养的幼苗,其 MDA 含量最低;随着培养液中 NaCl 浓度的升高,MDA 的含量也有所增加。说明低盐溶液可降低 MDA 在植物体内的积累,而 NaCl 浓度的升高可诱导 MDA 含量的增加。

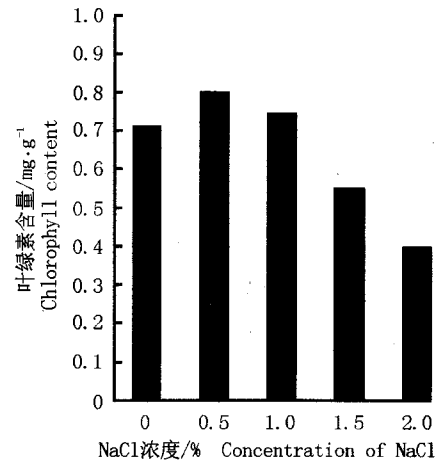


图3 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗叶片叶绿素含量的影响  
Fig. 3 Effects of different concentrations of NaCl on chlorophyll content in leaf of *Kosteleykia virginica* (L.) Presl. seedlings

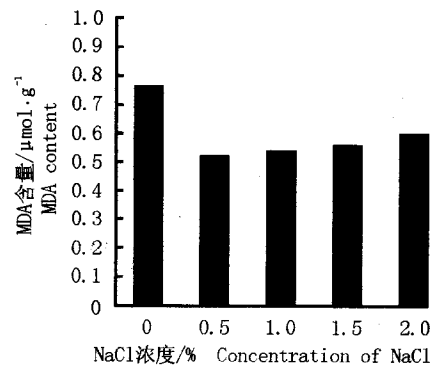


图4 不同浓度 NaCl 胁迫对海滨锦葵幼苗叶片 MDA 含量的影响  
Fig. 4 Effects of different concentrations of NaCl on MDA content in leaf of *Kosteleykia virginica* (L.) Presl. seedlings

## 3 讨论

### 3.1 NaCl 胁迫对海滨锦葵种子萌发的抑制效应

在自然状态下,海滨锦葵可在含盐量 0.3%~2.5% 的海滨滩涂环境下正常生长,并且在原产地可用含盐量 2.5% 的海水浇灌<sup>[7]</sup>。在种子萌发实验中观察发现,在含 2.5% NaCl 的培养液中培养的种子不萌发,当 NaCl 浓度为 2.0% 时种子的萌发率也极低,只有在 NaCl 浓度低于 1.5% 的培养液中种子萌

发良好,推测 0.5% ~ 1.0% 可能是海滨锦葵种子萌发的最适盐浓度。李海云等<sup>[6]</sup>认为盐生植物与非盐生植物种子在盐胁迫条件下的萌发规律基本一致,尽管盐生植物对盐渍环境有较强的适应能力,但在种子萌发时也会受到盐的抑制。将海滨锦葵的种子在盐胁迫环境(2.5% NaCl)中处理 27 d 后,移植到无盐的 1/4 Hoagland 培养液中,萌发率可达对照水平,这一结果与滨藜(*Atriplex isatidea*)、碱蓬[*Suaeda salsa* (L.) Pall.]<sup>[6]</sup>等植物的种子萌发实验结果相似。表明海滨锦葵种子在萌发阶段受 NaCl 胁迫时发生休眠作用以避免盐害效应,而当环境条件适宜时,种子则恢复萌发能力并完成正常的生理过程。

### 3.2 NaCl 胁迫下海滨锦葵幼苗生长过程的生理效应

相关资料表明<sup>[6,10,11]</sup>,盐渍土中大量可溶性盐可导致土壤水势及水分有效性显著降低,使作物立苗困难,因此盐生植物必须增加根系对水分的吸收以补充生长环境中水分的亏缺。在低浓度 NaCl 胁迫条件下,海滨锦葵幼苗根系活力有所升高,并且均明显高于对照,说明在低浓度盐胁迫条件下,海滨锦葵抵御逆境的能力增强,吸收水分的能力增加,对 NaCl 胁迫环境具有适当的缓解效应,这是海滨锦葵长期适应盐渍生长环境的结果。但是,当培养液中 NaCl 浓度达到 1.5% 时,根系活力呈现下降的趋势,说明盐生植物对盐渍环境的耐受性是有限的。

李晓燕<sup>[10]</sup>等强调盐胁迫影响了膜的正常透性,并能够改变了一些膜结合酶类的正常活性,引起一系列的代谢失调。盐分过多使 PEP 羧化酶和 RuBP 羧化酶活性降低,叶绿体趋于解体,叶绿素被破坏<sup>[12]</sup>。在浓度较低的 NaCl 溶液中培养时,海滨锦葵幼苗叶片内叶绿素含量均高于对照,但随着 NaCl 浓度的增高,叶绿素含量下降。推测海滨锦葵幼苗对盐渍环境具有有限的耐受性,较高浓度 NaCl 对海滨锦葵幼苗的生长依然具有胁迫作用。高盐度造成植物叶片失绿,使气孔失水关闭,以保持叶片内相对较高的水势,CO<sub>2</sub> 进入叶片的量减少,光合作用效率降低,植物生长受到影响<sup>[10,13]</sup>。

盐胁迫使植物体内 MDA 水平增加的研究报道很多。周芬等<sup>[14]</sup>发现随着盐胁迫时间的延长,拟南

芥(*Arabidopsis thaliana* L.) 中 MDA 的含量不断增加,MDA 含量之间的差异也逐渐加大。本实验的结果与此相类似,当 NaCl 浓度从 0.5% 增加到 2.0% 时,海滨锦葵幼苗 MDA 含量逐渐增加,但均低于对照水平。有研究表明,不同棉花(*Gossypium hirsutum* L.) 耐盐品种 MDA 积累量反映出其耐盐性的差异,耐盐性较低的品种其植株体内的 MDA 含量较高<sup>[4]</sup>。由此,推测在长期的盐渍环境中,海滨锦葵已形成了一种适应性,低盐浓度可诱导植株体内 MDA 水平降低,即膜脂过氧化物含量较低,从而增高植物体保护酶的活性,减轻 NaCl 胁迫对植物的伤害程度,促进幼苗的生长。

#### 参考文献:

- [1] 于海武,李莹. 植物耐盐性研究进展[J]. 北华大学学报, 2004, 5(3): 257-263.
- [2] Ward J M, Hirschi K D, Sze H. Plants pass the salt [J]. Trends Plant Sci, 2003, 8(5): 200-201.
- [3] 马翠兰,刘星辉,庄伟强,等. 水培条件下 NaCl 胁迫对坪山柚实生苗生理生化特性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(3): 16-20.
- [4] 孙小芳,郑青松,刘友良. NaCl 胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(3): 22-25.
- [5] 梁云娟,李燕,多立安,等. 不同盐分胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J]. 草业科学, 1998, 15(6): 21-25.
- [6] 李海云,赵可夫,王秀峰. 盐对盐生植物种子萌发的抑制[J]. 山东农业大学学报, 2002, 33(2): 170-173.
- [7] 徐国万,钦佩,谢民,等. 海滨锦葵(*Kosteletzkyia virginica*) 的引种生态学研究[J]. 南京大学学报, 1996, 32(2): 267-274.
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997. 88-91, 226-227.
- [9] 周革,倪福太,张立娟. 植物在逆境中的形态结构及生理变化[J]. 吉林师范大学学报, 2004, 2: 64-67.
- [10] 李晓燕,宋占平,董志贤. 植物的盐胁迫生理[J]. 西北师范大学学报, 2004, 40(3): 106-111.
- [11] 葛瑛,高鹏,夏激宇,等. 氯化钙在提高玉米抗盐性方面的作用[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(3): 261-284.
- [12] YEO A. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology [J]. J Exp Bot, 1998, 49: 915-929.
- [13] Hasequawa P M, Bressan P A, Zhu J K, et al. Plant cellular and molecular response to high salinity [J]. Ann Rev Plant Physiol Mol Biol, 2000, 51: 463-499.
- [14] 周芬,曾长立,王建波. 外源钙降低拟南芥幼苗盐害效应[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(2): 179-182.