

NaCl 胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害

孙小芳 郑青松 刘友良

(南京农业大学农业部作物生长调控重点实验室, 南京 210095)

摘要: 采用盐化土壤盆栽方法, 选择耐盐性较强品种枝棉 3 号和耐盐性较弱品种泗棉 2 号, 研究了盐分对棉花 (*Gossypium hirsutum* L.) 种子萌发、出苗和幼苗生长的伤害。结果表明, 在 -0.55 和 -1.10 MPa 盐分胁迫下, 对棉花伤害起决定性作用的因子是 Na^+ 。200 mmol/L NaCl 胁迫下, 枝棉 3 号种子萌发时电导率上升幅度和子叶 CAT 下降幅度均显著小于泗棉 2 号。100 和 200 mmol/L NaCl 胁迫下, 枝棉 3 号幼苗功能叶 H_2O_2 含量和 MDA 含量明显低于泗棉 2 号。

关键词: 棉花; NaCl 胁迫; 伤害; CAT 活性; H_2O_2 ; MDA

中图分类号: S562; O613.42; O614.112 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)03-0022-04

Salinity injury to germination and growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) at emergence and seedling stages SUN Xiao-fang, ZHENG Qing-song, LIU You-liang (Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Ministry of Agriculture of China, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(3): 22~25

Abstract: Two cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars Zhimian 3 (salt-tolerant) and Simian 2 (salt-sensitive) were selected for researching the mechanism of injury to cotton at emergence and seedling stages by soil pot-culture under NaCl stress. The results showed that it was Na^+ which played the decisive role in the injury under -0.55 and -1.10 MPa of NaCl stresses. The range of electrolytic conductivity increment and CAT activity decrement in cotyledon of Zhimian 3 was significantly lower than that of Simian 2 at the germination stage under 200 mmol/L NaCl stress; and so were the contents of H_2O_2 and MDA in functional leaf of seedlings in Zhimian 3 under 100, 200 mmol/L NaCl stresses.

Key words: *Gossypium hirsutum* L.; NaCl stress; injury; CAT activity; H_2O_2 ; MDA

土壤盐渍化是农业生产的一大障碍, 而盐渍土改良和利用是农业土地资源的一个重要来源^[1]。我国有盐渍土约 $2700 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 江苏省有近 1000 km 的海岸线, 长江口还有较长的盐渍岸带, 沿海滩涂面积约 $60 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 且还以每年 $0.2 \times 10^4 \sim 0.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的速度向外淤涨, 盐渍土面积占全国比例较大^[2]。研究植物耐盐机理, 筛选鉴定耐盐材料, 提高植物耐盐能力, 对盐渍土地地区农业生产和沿海滩涂开发利用有着非常重要的意义。棉花 (*Gossypium hirsutum* L.) 是耐盐作物之一, 也是盐渍土地地区主要先锋作物^[3]。但盐分过大对棉花伤害是比较严重的^[4]。萌发出苗和幼苗阶段是棉花耐盐能力最弱的时期^[5], 盐分对种子萌发时期的伤害, 尤其对储藏物质的分解转化的酶活性影响的研究报道较少。在 NaCl 伤害中, 起决定作用的是 Na^+ 还是 Cl^- , 不同学者有不同观点, 但均缺少实验

依据。本试验选择耐盐能力差异较大的 2 个品种, 研究了不同渗透浓度的离子类型对棉花的毒害, 盐分对棉苗子叶 CAT 活性的抑制, 以及功能叶片过氧化作用产物积累等, 以探讨盐分对棉花种子和幼苗的伤害机理。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试材料枝棉 3 号, 引自中国农业科学院棉花研究所, 为国家“七五”、“八五”重点攻关研究课题鉴定的耐盐性较强品种^[4]; 泗棉 2 号, 引自江苏省泗阳

收稿日期: 2000-05-08

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK97091)

作者简介: 孙小芳, 男, 1968 年 1 月生, 江苏高淳人, 硕士, 讲师, 主要从事作物生理生态研究。

棉花原种场,为耐盐性较弱品种。

1.2 试验方法

试验于1997年和1998年在校内温室进行。幼苗采用盐化土壤培养。将标准土风干后称重,按设计浓度加入盐分拌匀,装入具孔塑料杯中,3次重复。同浓度的塑料杯放入同一塑料周转箱中,以后浇Hoagland营养液2次/d;每次塑料杯流入培养箱中的营养液再均匀倒回各个塑料杯中,确保盐分不流失,也不累积。每塑料杯播种20粒,定苗6~7株,温室条件培养,按刘宛、刘友良方法^[6]配制-0.55和-1.10 MPa Na^+ 、 Cl^- 和NaCl溶液。

1.3 测定方法

1.3.1 电导率和子叶CAT活性测定 每处理取萌发种子10粒或幼苗10株,全粒(去壳)或全株,用BSD-A型电导仪测定电导率;取萌发种子或幼苗子叶,按照参考文献^[7]测定CAT活性。

1.3.2 叶片 H_2O_2 含量和MDA含量测定 每处理10株4叶期幼苗,取第2叶,将每片鲜叶平分,一半测定 H_2O_2 含量,另一半测定MDA含量。按照参考文献^[8]测定 H_2O_2 含量,按照参考文献^[9]测定MDA含量。

1.3.3 植株 Na^+ 含量测定 植株干样用100 mmol/L硝酸浸提,6410型火焰光度计测定 Na^+ 含量。

2 结果与分析

2.1 NaCl对棉花种子萌发时细胞膜稳定性和子叶CAT活性的伤害

NaCl胁迫下棉花种子萌芽时电导率的变化见图1。可以看出,发芽第1天时2个品种的电导率几无差异;发芽第7天时,在对照条件下,2个品种电导率均略有上升,其间无显著差异,但200 mmol/L NaCl胁迫下电导率明显升高:耐盐性较强的枝棉3号电导率由0.195 ms/cm上升到0.975 ms/cm,耐盐性较弱的泗棉2号升幅更大,由0.193 ms/cm上升到1.462 ms/cm,其升幅是对照的9.9倍和14.3倍,这表明棉花种子萌发时盐分进入种子内,在体内大量积累,对细胞膜产生伤害,导致渗透物质外流,引起电导率的上升,而且可能由于耐盐性较弱的品种细胞膜稳定性较差,故所受到伤害更重。

NaCl胁迫下棉花种子萌发时CAT活性变化见

图2。可以看出,盐分的积累抑制种子萌发时与物质代谢活动相关的酶类的活性。对照条件下棉花种子CAT活性随着萌发进程不断提高,第3天出现高峰,随后又迅速下降,枝棉3号和泗棉2号的CAT活性表现一致。200 mmol/L NaCl胁迫下,CAT活性的上升速率降低,高峰值减小。萌发第3天至第5天,枝棉3号CAT活性显著高于泗棉2号;第5天枝棉3号出现CAT活性高峰,泗棉2号CAT活性高峰推迟至第6天出现,但2个品种间CAT活性高峰值差异不显著。因此耐盐性较弱品种物质代谢活动受阻较重,出苗不齐,易出现畸形苗,幼苗生长较慢。



图1 200 mmol/L NaCl胁迫下棉花种子萌发时电导率变化
Fig. 1 Electrolytic conductivities of cotton seeds at first and seventh germination days under 200 mmol/L NaCl stress

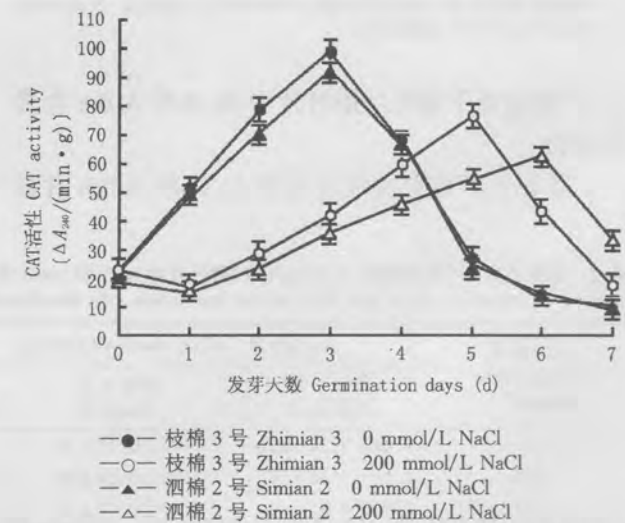


图2 200 mmol/L NaCl胁迫下棉花种子萌发时子叶CAT活性变化
Fig. 2 Change in CAT activity with the germination days in cotyledon of cotton under 200 mmol/L NaCl stress

2.2 不同类型盐离子对幼苗的伤害

0、-0.55 和 -1.10 MPa Na^+ 、 Cl^- 和 NaCl 溶液处理的棉花萌发生长至 2 叶期时单株干物质积累见表 1。可以看出,无论是在低浓度还是高浓度下,相同渗透势的 Na^+ 、 Cl^- 和 NaCl 对 2 个棉花品种幼苗生长的伤害,均表现为 Na^+ 和 NaCl 的伤害大于 Cl^- , 差异达极显著水平; -0.55 MPa NaCl 较渗透浓度比其大 1 倍的 -1.10 MPa Cl^- 伤害还要严重; 相同胁迫浓度下, Na^+ 和 NaCl 的伤害没有显著差异。每种处理浓度下耐盐性较强的枝棉 3 号所受的伤害均极显著小于耐盐性较弱的泗棉 2 号。

表 1 不同渗透浓度、不同盐离子类型胁迫下棉花 2 叶期幼苗单株干物重¹⁾

Table 1 Dry matter weight of individual plant at 2-leaf seedling stage of cottons under different salt ions and osmotic concentrations

渗透浓度 Osmotic concentration (MPa)	盐分类型 Type of salt	单株干物重 Dry matter weight per plant (mg)		
		枝棉 3 号 Zhimian 3	泗棉 2 号 Simian 2	差异 Difference
0		41.8±0.77 A	41.1±1.54 A	N
-0.55	Cl^-	33.3±0.93 B	29.2±1.85 B	1%
-0.55	Na^+	26.9±0.75 CD	22.3±1.55 CD	1%
-0.55	NaCl	24.2±2.93 D	20.9±1.23 D	1%
-1.10	Cl^-	29.1±1.71 C	24.4±0.94 C	1%
-1.10	Na^+	18.4±1.06 E	14.3±0.89 E	1%
-1.10	NaCl	14.8±1.21 E	12.4±1.10 E	1%

¹⁾字母 A~E 表示同一品种不同处理间差异极显著水平, N 和 1% 表示同一处理品种间差异显著性水平, N 为不显著。Indication of the significant difference at 1% level of probability with letter A~E in some columns, within the same cultivar among 7 treatments; while N and 1% indicating different level in last column within the same treatment between 2 cultivars, N standing for no significant difference.

2.3 盐胁迫下棉花功能叶片中 H_2O_2 和 MDA 含量的变化

盐胁迫下棉花功能叶片中 H_2O_2 和 MDA 含量

表 2 盐胁迫下 4 叶期棉苗第 2 叶(功能叶)鲜叶片中 H_2O_2 和 MDA 含量¹⁾

Table 2 Contents of H_2O_2 and MDA in the 2nd lamina (the functional leaf) at 4-leaf seedling stage of cotton cultivars under NaCl stresses

NaCl 浓度 Concentration (mmol/L)	H_2O_2 含量 H_2O_2 content (mmol/g)			MDA 含量 MDA content ($\mu\text{mol/g}$)		
	枝棉 3 号 Zhimian 3	泗棉 2 号 Simian 2	差异 Difference	枝棉 3 号 Zhimian 3	泗棉 2 号 Simian 2	差异 Difference
0	1.41±0.21 ab A	1.68±0.19 c B	N	40.1±3.1 c B	45.7±3.5 c C	N
100	1.11±0.36 b A	2.75±0.54 b B	1%	47.6±3.4 b B	59.6±5.1 b B	1%
200	2.00±0.35 a A	5.47±0.77 a A	1%	66.3±3.9 a A	75.6±4.4 a A	5%

¹⁾字母 A~C 和 a~c 表示同一品种不同处理间差异显著水平为 1% 和 5%; N, 1% 和 5% 表示同一处理品种间差异显著性水平, N 为不显著。Indication of the significant difference at 1% or 5% level of probability respectively with letter A~C or a~c in some columns, within the same cultivar among 3 treatments; while N, 1% and 5% indicating different level in last column within the same treatment between 2 cultivars, N standing for no significant difference.

的变化见表 2。可以看出, 4 叶期的棉苗, 经盐处理 7 d 后第 2 叶(功能叶)中 H_2O_2 积累量在品种间表现出极显著的差异。枝棉 3 号在 100 mmol/L NaCl 胁迫下, H_2O_2 含量略低于对照; 200 mmol/L NaCl 胁迫下, H_2O_2 含量较对照有所上升, 但差异均不显著。泗棉 2 号在盐处理下 H_2O_2 含量均明显上升。功能叶中 MDA 含量与 H_2O_2 含量变化相似。2 个品种 MDA 含量随胁迫加强均呈增加趋势。在 100 mmol/L NaCl 胁迫下, 枝棉 3 号功能叶 MDA 含量与对照无显著差异, 泗棉 2 号则显著上升。在 100 mmol/L NaCl 胁迫时品种间差异达到极显著水平, 在 200 mmol/L NaCl 胁迫时差异达显著水平。这一结果表明耐盐性较弱品种功能叶清除 H_2O_2 能力较弱, 抗氧化能力较低, 叶片光合器官更易受到伤害。

2.4 盐胁迫下棉花幼苗营养器官干物重与 Na^+ 含量的关系

盐胁迫下棉花幼苗营养器官干物质重与 Na^+ 含量的相关分析结果见表 3。可以看出, 0~300 mmol/L NaCl 胁迫下, 棉花 2 叶期幼苗根、茎、叶干物重与 Na^+ 含量均表现为极显著的负相关。比较 2 个品种不同器官回归方程的斜率, 均表现为地上部干物重相对下降幅度大于根系; 枝棉 3 号各器官下降幅度均显著小于泗棉 2 号。盐分对幼苗生物量的抑制程度, 品种间差异以根系最大, 幼苗阶段耐盐能力较差的品种, 根系受到盐分的伤害较重, 说明根系是棉花耐盐性差异显著的部位。根、茎、叶干物重降至对照 50% 时的 Na^+ 含量, 枝棉 3 号分别为 1.828、2.160、2.175 mmol/g, 泗棉 2 号为 1.128、1.511、1.646 mmol/g, 前者明显大于后者, 说明盐分对泗棉 2 号的伤害程度极显著高于枝棉 3 号。

表3 0~300 mmol/L NaCl胁迫下棉花2叶期幼苗根、茎、叶干物重(y)与Na⁺含量(x)的回归方程Table 3 Regressive equations of dry matter weight (y) vs Na⁺ content (x) in roots, stems and leaves of two cotton cultivars at 2-leaf seedling stage under 0~300 mmol/L NaCl stresses

器官 Organ	回归方程及其相关系数 Regressive equation and correlative coefficient			
	枝棉3号 Zhimian 3		泗棉2号 Simian 2	
根 Root	$y = -12.64x + 41.46$	$r = -0.952^{**}$	$y = -18.26x + 38.64$	$r = -0.966^{**}$
茎 Stem	$y = -36.95x + 148.06$	$r = -0.975^{**}$	$y = -47.08x + 138.05$	$r = -0.977^{**}$
叶 Leaf	$y = -38.41x + 146.26$	$r = -0.922^{**}$	$y = -48.47x + 140.91$	$r = -0.957^{**}$

3 讨论

棉花种子属于油脂类种子,主要储藏物质为脂肪和蛋白质。萌发时储藏物质分解代谢酶类较多,过程复杂,对环境要求很高,且需大量氧气和水分。NaCl胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害包括三方面:一是渗透胁迫,在200 mmol/L NaCl胁迫下,发芽第4天,种子含水量才迅速上升,出现时间较对照迟3 d,且上升速率显著小于对照。NaCl对耐盐性强弱不同品种的渗透胁迫差异不显著,均造成棉花种子吸水进程迟缓,发芽势小,种子萌动慢^[6];二是离子毒害,在200 mmol/L NaCl胁迫下,发芽第7天与第1天相比,枝棉3号电导率上升了0.750 ms/cm,泗棉2号上升了1.269 ms/cm,其升幅是对照的9.9和14.4倍(见图1),这是盐伤害的主要方面,伤害程度在不同品种间差异显著;三是盐分对酶活性的抑制,棉花体内Na⁺过量积累,CAT活性高峰出现推迟,数值下降(见图2)。子叶CAT既是活性氧清除重要酶之一,也是脂肪分解代谢重要酶之一,因此,盐分胁迫降低了储藏物质分解和转化速率,也造成活性氧产生和清除系统动态平衡的破坏,启动膜脂过氧化或脱脂作用,损伤膜脂和膜蛋白,从而破坏膜结构^[8]。

罗宾^[10]认为,不论在单一型还是混合型的盐渍环境中,对棉花的伤害来说,起决定作用的是阴离子。也有人指出^[11],盐分对棉花的毒害主要是Na⁺。本研究发现,同渗透浓度的Cl⁻的伤害不及Na⁺的一半,NaCl的伤害与Na⁺的伤害差异不大,说明NaCl起决定性伤害作用的是Na⁺。这与对大麦^[12]、小麦^[13]及其他作物的研究结果相同。

盐分在幼苗体内不断积累,影响功能叶的生理

功能。研究表明,不同耐盐品种功能叶的H₂O₂和MDA积累量反映出其耐盐性差异;耐盐性较弱品种的根、茎、叶对盐分的忍耐程度均显著低于耐盐性较强的品种。

参考文献

- [1] 石元春. 盐碱土改良[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [2] 江苏省农学会编. 江苏棉作科学[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1992.
- [3] 中国农业科学院棉花研究所主编. 中国棉花栽培学[M]. 北京:农业出版社,1983.
- [4] 刘国强,鲁黎明,刘金定. 棉花品种资源耐盐性鉴定研究[J]. 作物品种资源,1993,(2):21~22.
- [5] 孙小芳,刘友良,陈沁. 棉花耐盐性研究进展[J]. 棉花学报,1998,10(3):118~124.
- [6] 刘宛,刘友良. 大麦幼苗的Na⁺、Cl⁻胁迫和叶片耐Cl⁻量[J]. 南京农业大学学报,1993,16(3):15~19.
- [7] Chance B. Assay of catalase and peroxidase[A]. In: Colowicksp K N ed, Methods of Enzymology, (Vol II)[C]. New York: Academic Press, 1955. 764.
- [8] Patterson B D, Payne B A, Chen Y Z, et al. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using tramium (4)[J]. Anal Biochem, 1984, 139: 487~492.
- [9] 赵世杰,许长成,邹崎,等. 植物丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207~210.
- [10] 罗宾 B A 主编,陈恺元,张名恢,周行,等译. 棉花生理学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983.
- [11] 赵可夫,王以柔. 作物抗性生理[M]. 北京:农业出版社,1990.
- [12] 刘友良,丁念诚,沈丽娟. 大麦的抗盐性与抗盐机理[A]. 见:中国作物学会大麦专业委员会编. 中国大麦文集[C]. 北京:中国农业科学技术出版社,1986.
- [13] 李长润,刘友良. 盐胁迫下小麦幼苗离子吸收运输的选择性与叶片耐盐量[J]. 南京农业大学学报,1993,16(1):16~20.

(责任编辑:宗世贤)