

盐胁迫对海岛棉不同基因型幼苗生长及生理生态特征的影响

杨淑萍^{1,2}, 危常州^{1,3,*}, 梁永超^{1,3,4}

(1. 石河子大学绿洲生态农业重点实验室, 新疆 832003; 2. 石河子大学师范学院, 新疆 832003;

3. 石河子大学农学院, 新疆 832003; 4. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所农业部植物营养与养分循环重点实验室, 北京 10008)

摘要: 采用水培试验, 分析了不同浓度的 NaCl (0、50、100、150、200、250 mmol·L⁻¹) 处理对两个海岛棉品种新海 28 号 (XH 28, 耐盐基因型) 和新海 21 号 (XH 21, 盐敏感基因型) 植株生长、生物量分配、蛋白质含量、脯氨酸 (Pro) 含量以及过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT)、抗坏血酸过氧化物酶 (APX)、谷胱甘肽还原酶 (GR) 等生理生态指标的影响。研究发现: (1) 盐胁迫对海岛棉幼苗鲜重的影响大于干重, 对茎叶的影响大于根系; (2) 盐处理引起海岛棉幼苗根叶脯氨酸含量的增加; (3) 低浓度 NaCl 处理 (≤ 50 mmol·L⁻¹) 显著增加耐盐品种 XH 28 的根长、株高及单株鲜干重; (4) 盐胁迫引起海岛棉幼苗根系中可溶性蛋白质含量下降, 相反叶片中可溶性蛋白质含量上升; (5) 盐胁迫下耐盐品种 XH 28 幼苗中的 POD、CAT、APX 酶活性明显高于盐敏感品种 XH 21, 但 GR 活性显著低于 XH 21。研究表明, 低浓度 NaCl 处理刺激了棉株生长, 增加了生物量; 盐胁迫下叶内蛋白质、脯氨酸含量明显增加, POD、CAT、APX 酶活力升高是海岛棉耐盐品种 XH28 的基本特征。

关键词: NaCl; 海岛棉; 生长; 生理生态

Effects of NaCl stress on growth and eco-physiological characteristics of different in sea island cotton genotypes in seedlings

YANG Shuping^{1,2}, WEI Changzhou^{1,3,*}, LIANG Yongchao^{1,3,4}

1 Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture of Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi University, Xinjiang 832003, China

2 Teachers' Training College of Shihezi University, Xinjiang 832003, China

3 College of Agriculture, Shihezi University, Xinjiang 832003, China

4 Ministry of Agriculture Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: Soil salinity is one of the major abiotic stresses having adverse effects on crop productivity and quality. Cotton is the most important cash crop in Xinjiang. Extensive research has been conducted on the effects of salinity on cotton and cotton plant is classified as moderately salt-resistant species in terrestrial plant in most of documents. However, almost all of these researches were focused on upland cotton. Sea island cotton is another cultivation species of cotton, which was distributed only in xinjiang in China and is widely cultivated due to it adopted to weather in Xinjiang and its relatively higher economical values. Few studies documented on effects of salinity stress on the growth and development of sea island cotton as well as its internal adaptive mechanisms.

Therefore, this paper try to ascertain mechanism of the eco-physiological sea island cotton adapting to salt stress, supply theoretical foundations and reference index for cultivate management, resistant screening, breeding of sea island cotton. Two cotton cultivars with varied salt-tolerance ability was selected to study sea cotton's response when exposed to salt environment. Xinhai 28 (XH 28) is a salt-resistance sea island cotton cultivar while Xinhai 21 (XH 21) is a salt-sensitive

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30900872); 国家科技支撑计划资助项目 (2007BAC20B03); 农业部行业公益性专项资助项目 (200803030); 石河子大学 263 资助项目 (SF05014)

收稿日期: 2009-11-14; **修订日期:** 2010-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: changzhou.wei@gmail.com

sea island cotton cultivar. The experiment was conducted in a growth chamber, water culture experiments were carried out to study the effects of salinity stress on seed germination and seedling growth. Full nutritional solution was used in at germination stages, NaCl was added to solution at 3 full expand leaves stages at 6 NaCl levels (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mmol·L⁻¹). All nutrient solutions were changed once per 3 days and deionized water was added daily to replace the water lost by transpiration. The seedlings were salt-stressed for 30 days, then was sampled and tested for biomass partitioning, soluble protein, Proline (Pro) contents, as well as activities of peroxidase (POD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and glutathione reductase (GR) activities in leaves and roots of the XH 28 and XH 21.

The results showed that (1) Fresh weight of sea island cotton was more sensitive to salt stress as compared to dry weight, shoots were more sensitive as compared to roots; (2) Higher proline content was observed both in the roots and leaves when cotton seedling was stressed by salt; (3) Root length, plant height and fresh-dry weight of XH 28 were significantly increased under low NaCl concentration (≤ 50 mmol·L⁻¹) stress; (4) Salt stress resulted in the decrease of soluble protein in roots of sea island cotton, while soluble protein was enhanced in leaves; (5) Activities of POD, CAT and APX in roots and leaves in NaCl tolerant genotype were significantly higher than that in NaCl sensitive genotype. Whereas activity of GR in roots and leaves was lower in XH 21. In conclusion, low concentration of NaCl can stimulate plant growth and, consequently, result in higher biomass. Protein and proline content increase in roots and leaves and the higher active of activities of POD, CAT and APX can be considered as the physiological characteristics in NaCl tolerant genotypes of sea island cotton.

Key Words: NaCl; sea island cotton; growth; eco-physiological response

盐渍化是影响土地生产力的重要障碍因子,也是目前威胁农业可持续发展的全球性问题。全世界盐渍土面积已达 15 亿 hm²^[1],我国约 2600 万 hm²,占耕地总面积的 10%。新疆地处欧亚大陆腹地,典型的气候使新疆成为土壤盐渍化大区,盐渍土不仅种类多而且总面积超过 1100 万 hm²,且现有耕地中已有 31.1% 的面积受到盐渍危害,其中南疆盐渍化严重,占耕地面积的 25%—40%,尤其是塔里木盆地,钠盐含量较高,pH 值 8.5 左右。其中阿瓦提、巴楚、麦盖提、岳普湖、伽师等海岛棉种植区土壤盐渍化面积占各县耕地面积的 90% 以上,每年都有盐化严重的土壤遭到弃用,给农业生产造成重大损失^[1-2],并对绿洲生态环境的稳定及土地资源的可持续利用造成危害。

海岛棉是棉花的一个栽培种,其品质优于陆地棉,纤维长、细度高、强度大,是重要的纺织品原料。新疆降水稀少,日照特别充足,积温高,独特的气候条件使新疆成为我国唯一的海岛棉生产基地,但棉田土壤不同程度的盐渍化已影响了海岛棉的产量和品质,并造成一定的经济损失^[3]。尽管前人对盐逆境下棉花的生长及生理响应做了很多相关研究和报道^[4-12],但均以陆地棉为试验材料,盐逆境是否会影响海岛棉的生长及生理生态反应特性未见文献报道。基于此,本文通过人工模拟盐生境以新疆目前主栽的海岛棉品种新海 21 号、新海 28 号为试验材料,研究了盐胁迫下不同基因型海岛棉植株幼苗的生长及生物量分配、脯氨酸、蛋白质以及主要抗氧化酶的变化规律,旨在探明海岛棉耐盐范围和耐盐适应性反应特征,揭示盐分胁迫与棉株生长及相关生理指标之间的关系,为海岛棉栽培管理和抗性鉴定、筛选与育种提供理论依据和参考指标。

1 材料和方法

1.1 供试材料

海岛棉品种—新海 21 号(XH 21,盐敏感型)和新海 28 号(XH 28,耐盐型)为材料,耐盐性鉴定参见孙小芳等^[8]。

1.2 试验设计

试验于 2008 年 6—8 月在石河子大学绿洲生态农业重点实验室的人工气候室中进行。采用水培法培养海岛棉植株,先将发芽后的种子播于蛭石中,当第 1 片真叶露尖后挑选生长一致的幼苗移入带孔盖板的 8L 立

方体 PVC 钵中(长×宽×高=38 cm×31 cm×13 cm),每钵 12 株,钵中装入 6 L 用去离子水配制的 Hoagland 营养液,将培养钵放入 LT/ACR-2002 型人工气候室中培养:白天光照为 $300 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光暗周期为 14/10 h,昼夜温度为 28/20℃,空气相对湿度为 60%—70%,培养期间用电动气泵 24h 持续对营养液通气。待幼苗第 3 片真叶完全展开后进行 NaCl 处理,设 6 个处理,即:0、50、100、150、200、250 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,每处理重复 3 次。为避免盐激,采取浓度逐渐递加的方法,每天递增 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,最终达到预定的处理浓度,盐胁迫培养 30d,盐处理前每 6d 换 1 次营养液,盐处理后每 3d 换 1 次营养液,每天用 0.1 mol/L 的 NaOH 或 0.1 mol/L 的 H_2SO_4 调节 pH 值,使 pH 值维持在 5.8—6.5,同时加蒸馏水以补充水分的散失。盐处理 30d 后测定相关指标。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 棉花幼苗生长及鲜干重测定

盐处理 30d 后用卷尺测定每个处理的幼苗株高(cm)、每株根长(cm);后用蒸馏水迅速将所测植株冲洗 3 次,吸水纸擦干植物表面水分,将茎、叶和根分开,称得鲜重,再将鲜样品材料置 105℃ 烘箱中杀青 30 min 转至 80℃ 烘至恒重,称得干重,生物量以每 10 株幼苗鲜干重的平均值表示,共测 30 株,单位为 g 株^{-1} 。

1.3.2 蛋白质含量的测定

采用考马斯亮蓝法测定叶片、根系的蛋白质含量^[13],以 $\text{mg g}^{-1}\text{FW}$ 为单位。

1.3.3 脯氨酸(Pro)含量的测定

采用 3% 磺基水杨酸提取酸性茚三酮比色法测定^[14]。

1.3.4 抗氧化酶活性的测定

(1)酶液的制备 取 0.3 g 左右新鲜棉花叶片或幼根于冰浴研钵中,加少许石英砂和 5 mL 预冷的酶提取液(用 100 mmol L^{-1} pH 7.8 的磷酸缓冲液配制,内含 1% 的 PVP, 5 mmol L^{-1} 的 EDTA),迅速匀浆,4 000 $\times \text{g}$ 离心 20 min,分离上清液 4℃ 下保存备用,该上清液即为酶提取液。

(2)POD 活性的测定 采用愈创木酚法^[13],酶活性以 $\Delta A_{470} \text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}\text{Pro}$ 表示。

(3)CAT 活性的测定 采用紫外吸收法^[15],以 1min 内 A_{240} 减少 0.1 的酶量为 1 个酶活单位(U),酶活性以 $\text{U min}^{-1} \text{mg}^{-1}\text{Pro}$ 表示。

(4)APX 活性的测定 采用参照 Mishra^[16] 和沈文飏^[17] 的方法,以 290nm 吸光值每分钟氧化一个 $1 \mu\text{mol ASA}$ 的酶量为一个酶活单位。

(5)GR 活性的测定 参照蒋明义^[18] 的方法,以 340nm 吸光值每分钟氧化一个 $1 \mu\text{mol NADPH}$ 的酶量为一个酶活单位。

1.4 数据处理

试验原始数据处理采用 Excel 软件完成,差异显著性分析采用 SPSS 11.5 软件,以 Origin 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 NaCl 处理对海岛棉植株生长的影响

加盐处理后,两个棉花品种在生长状况上出现明显差异,对于盐敏感品种 XH 21,在 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理 7d 后,叶片出现萎焉、脱落,200 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理 30d 后,节间显著缩短(与对照相比缩短了 0.54cm),大部分叶片脱落,部分幼苗存活;NaCl 浓度达 250 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时幼苗死亡率达 100%。而对于耐盐品种 XH 28,在 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理 7d 后,棉株外部表现正常,200 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理 7d 后叶片开始出现脱叶,萎焉;250 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理 30d 后,节间缩短(与对照相比缩短了 0.48cm),大部分叶片脱落,剩余叶片则发黄、增厚,但部分幼苗依然存活。由此可见两品种对 NaCl 的耐受性明显不同,盐敏感品种 XH 21 对 NaCl 较为敏感,而耐盐品种 XH 28 则能够忍耐较高 NaCl 浓度。

盐胁迫 30d 后从根长和株高的测定来看(图 1),盐胁迫显著抑制了盐敏感品种 XH 21 根的生长,但株高在 NaCl 浓度 $\leq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的各处理间差异不显著,说明根系对盐分反应敏感而地上部分反应不敏感;与

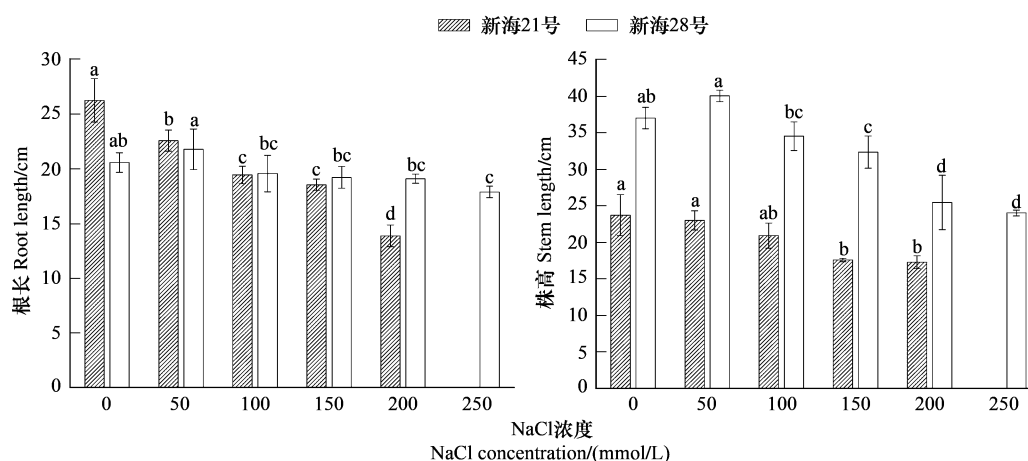


图1 NaCl 处理对海岛棉根长和株高的影响

Fig.1 Effects of NaCl on the growth of root and stem of sea island cotton

同一品种中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著

XH 21 相比,耐盐品种 XH 28 根长和株高在 NaCl 浓度为 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 高于所有处理,但当 $\text{NaCl} > 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时根长、株高均开始下降,说明适当盐分能够促进根系伸长,增加植株高度, $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 浓度是耐盐品种 XH 28 生长的最适浓度。

2.2 NaCl 胁迫对海岛棉生物量的影响

本研究发现,海岛棉不同基因型植株在盐胁迫 30d 后,随着盐浓度的增加,对鲜重的影响大于干重,对茎叶的影响大于根系。从表 1 可以看出,随着盐浓度的增加,XH 21 茎叶鲜重呈先下降后上升再下降的趋势且均显著低于对照,而干重变化也呈现相同规律但变化平缓;但 XH 28 鲜茎叶呈现明显先上升后下降的趋势,且在低盐区 $\text{NaCl} \leq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,XH 28 茎叶及根鲜干重明显高于 CK,变化显著,茎叶鲜干重增幅远高于根鲜干重,说明低浓度的盐分能促进 XH 28 根部和地上部的生长,尤其是促进地上部的生长。在高盐区 $\text{NaCl} \geq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,两品种茎叶鲜重在处理间表现出显著下降趋势,说明 NaCl 胁迫对棉株的伤害,首先表现为棉株含水量发生明显变化,使植株的吸水能力下降。与茎叶相比,NaCl 胁迫对根生物量的影响要滞后一些。根干鲜重在 $0-150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 处理之间表现出增加的趋势,这可能是海岛棉耐盐基因型盐胁迫下适应性反应的一种表现。

表 1 NaCl 处理对海岛棉生物量的影响

Table 1 Effects of NaCl on biomass of sea island cotton

品种 Varieties	NaCl (mmol/L)	生物量 Biomass/(g plant ⁻¹)					
		0	50	100	150	200	250
XH 21	鲜茎叶	13.51 ± 0.49a	9.16 ± 0.57c	11.24 ± 0.43b	9.51 ± 0.53c	6.31 ± 0.54d	—
	干茎叶	1.37 ± 0.31ab	1.09 ± 0.06b	1.29 ± 0.04b	1.59 ± 0.10a	0.73 ± 0.05c	—
	鲜根重	2.10 ± 0.03c	2.63 ± 0.05b	3.16 ± 0.11a	2.47 ± 0.32b	1.01 ± 0.19d	—
	干根重	0.16 ± 0.005c	0.19 ± 0.008b	0.23 ± 0.02a	0.19 ± 0.005b	0.08 ± 0.007d	—
	鲜株重	15.62 ± 0.52a	11.79 ± 0.62b	14.40 ± 0.51a	11.98 ± 0.85b	7.33 ± 0.73c	—
	干株重	1.53 ± 0.32ab	1.29 ± 0.07c	1.52 ± 0.06ab	1.78 ± 0.10a	0.81 ± 0.05d	—
XH 28	鲜茎叶	15.13 ± 0.05b	16.92 ± 0.51a	11.22 ± 0.42c	10.28 ± 0.49d	8.37 ± 0.42e	6.26 ± 0.21f
	干茎叶	2.02 ± 0.07b	2.31 ± 0.07a	1.38 ± 0.05c	1.19 ± 0.06d	0.97 ± 0.05e	0.73 ± 0.02f
	鲜根重	1.97 ± 0.03a	1.68 ± 0.05b	1.52 ± 0.10c	2.08 ± 0.04a	1.52 ± 0.11c	0.96 ± 0.05d
	干根重	0.17 ± 0.004b	0.18 ± 0.004a	0.14 ± 0.009c	0.17 ± 0.003ab	0.13 ± 0.008d	0.08 ± 0.004e
	鲜株重	17.10 ± 0.53b	18.60 ± 0.56a	12.73 ± 0.52c	12.36 ± 0.52c	9.89 ± 0.53d	7.22 ± 0.26e
	干株重	2.19 ± 0.07b	2.48 ± 0.07a	1.52 ± 0.06c	1.36 ± 0.06d	1.11 ± 0.06e	0.80 ± 0.03f

XH21: 新海 21 号;XH28: 新海 28 号;“—”表示植物死亡,无数据;同列中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著

2.3 NaCl 胁迫对海岛棉根系、叶片中可溶性蛋白质及脯氨酸含量的影响

从表 2 可以看出,NaCl 胁迫下两品种根系蛋白质含量明显低于对照,在 NaCl 浓度为 200 mmol·L⁻¹时,与对照相比盐敏感品种 XH 21 根系可溶性蛋白质含量降幅为 54.7%,而 XH 28 为 44.9%;叶蛋白质含量两品种均显著高于对照,但相同 NaCl 处理浓度下 XH 21 的蛋白质含量均明显低于 XH 28。结果表明,不同基因型海岛棉根和叶中脯氨酸含量的变化趋势存在差异,盐胁迫导致盐敏感品种 XH 21 根系脯氨酸含量显著降低,叶中脯氨酸含量显著增加;而耐盐品种 XH 28 表现为,盐胁迫导致根和叶中的脯氨酸含量均显著增加。

表 2 NaCl 处理对海岛棉根系、叶片中可溶性蛋白质及脯氨酸含量的影响

Table 2 Effects of NaCl on the soluble protein content, Pro content of leaf and root in Sea Island Cotton

NaCl 浓度 (mmol/L) NaCl concentration	根系可溶性蛋白质含量 the soluble protein content in root /(mg g ⁻¹ FW)		叶可溶性蛋白质含量 the soluble protein content in leaf /(mg g ⁻¹ FW)		根系脯氨酸含量 Pro content in root /(μg g ⁻¹ FW)		叶脯氨酸含量 Pro content in leaf /(μg g ⁻¹ FW)	
	新海 21 号 XH 21	新海 28 号 XH 28	新海 21 号 XH 21	新海 28 号 XH 28	新海 21 号 XH 21	新海 28 号 XH 28	新海 21 号 XH 21	新海 28 号 XH 28
0	3.62 ± 0.28a	3.50 ± 0.43a	1.51 ± 0.02e	1.50 ± 0.01f	21.77 ± 2.26a	20.25 ± 0.40c	24.37 ± 3.72c	26.89 ± 1.53d
50	2.10 ± 0.10b	1.87 ± 0.12c	2.75 ± 0.04b	3.71 ± 0.15a	21.12 ± 0.62a	25.78 ± 0.97b	65.03 ± 2.41a	87.23 ± 2.74a
100	2.28 ± 0.04b	1.76 ± 0.11cd	3.01 ± 0.01a	3.22 ± 0.16b	11.80 ± 1.09b	37.02 ± 2.39a	66.72 ± 1.16a	67.39 ± 0.74c
150	1.76 ± 0.04c	2.54 ± 0.11b	2.13 ± 0.08c	2.82 ± 0.07c	16.79 ± 2.13b	18.43 ± 1.43c	70.24 ± 1.56b	73.26 ± 0.47b
200	1.64 ± 0.05c	1.93 ± 0.10c	1.72 ± 0.04d	1.94 ± 0.05d	16.53 ± 4.88b	18.18 ± 2.28c	34.43 ± 1.29d	74.93 ± 1.54b
250	—	1.41 ± 0.14d	—	1.75 ± 0.08e	—	26.27 ± 0.84b	—	77.31 ± 1.34b

同列中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著

2.4 NaCl 胁迫对海岛棉根系及叶片中抗氧化酶活性的影响

2.4.1 NaCl 胁迫对海岛棉根系及叶片中 POD 活性的影响

在 NaCl 胁迫下耐盐品种 XH 28 根中 POD 活性随 NaCl 浓度的增加呈先上升后下降的趋势,而盐敏感品种 XH 21 根系的 POD 活性显著下降(表 3);在 NaCl 浓度 ≤ 150 mmol·L⁻¹ 范围内,耐盐品种 XH 28 叶内 POD 活性随盐浓度的上升而上升,且在相同 NaCl 浓度处理下,耐盐品种 XH 28 叶内 POD 活性均高于盐敏感品种 XH 21。

表 3 NaCl 处理对海岛棉幼苗 POD 活性的影响

Table 3 Effects of NaCl on the activity of POD in Sea Island Cotton seedling

NaCl 浓度 /(mmol/L) NaCl concentration	根系 POD 活性 Activity of POD in root /(ΔA470min ⁻¹ g ⁻¹ Pro)		叶片 POD 活性 Activity of POD in leaf /(ΔA470min ⁻¹ g ⁻¹ Pro)	
	新海 21 号 XH 21	新海 28 号 XH 28	新海 21 号 XH 21	新海 28 号 XH 28
0	3211.04 ± 140.60a	2945.44 ± 108.46c	551.77 ± 87.88b	853.92 ± 35.22b
50	2202.47 ± 175.31bc	5079.32 ± 216.67b	620.07 ± 79.25b	976.09 ± 18.27b
100	2504.26 ± 141.14b	5707.35 ± 237.07a	843.77 ± 3.37a	929.39 ± 60.99b
150	2501.96 ± 301.42b	2148.70 ± 105.40d	245.73 ± 36.85c	1165.06 ± 49.72a
200	2122.81 ± 55.46c	2086.95 ± 144.19e	240.39 ± 79.26c	916.51 ± 29.86b
250	—	1492.30 ± 52.77f	—	817.40 ± 436.22c

同列中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著

2.4.2 NaCl 胁迫对海岛棉根系、叶片中 CAT 活性的影响

CAT 主要位于过氧化酶体,能消除植物体内由光呼吸形成的过多的 H₂O₂,以维持植物体内的 H₂O₂ 处在一个低浓度水平。CAT 和 POD 结合起来可以把有害的 O⁻² 和 H₂O₂ 转化成 H₂O 和 O₂,由此防御对细胞的伤害,保护膜的结构以及防止氧化胁迫对植物的损伤^[19]。图 2 所示,随着 NaCl 浓度的增加,耐盐品种 XH 28 与盐敏感品种 XH 21 根系 CAT 活性(图 2)变化趋势相同,即随着盐浓度的增加,两品种根内 CAT 含量均出现先增加后下降的趋势,但 XH 28 所有加盐处理后根内 CAT 含量均高于或显著高于对照。两品种叶内 CAT 活

性(图2)也出现先上升后下降的趋势,但相同浓度处理下 XH 28 叶内 CAT 活性远大于 XH 21。

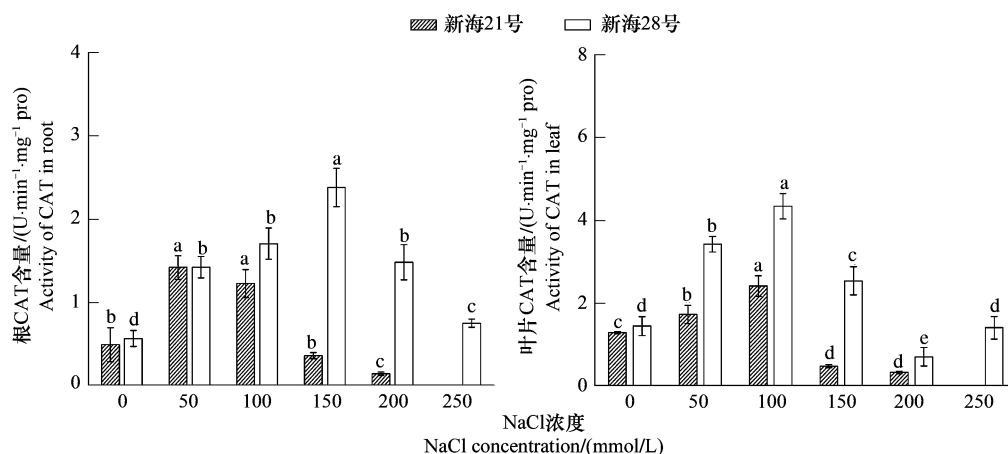


图2 NaCl 处理对海岛棉根和叶中 CAT 活性的影响

Fig. 2 Effects of NaCl on the activity of CAT in root and leaf of sea island cotton

同一品种中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著

2.4.3 NaCl 胁迫对海岛棉根和叶片中 APX 活性的影响

APX 通过 Halliwell-Asada 途径移去叶绿体中 H_2O_2 , 是叶绿体中专一清除 H_2O_2 的关键酶^[20-21]。如图 3 所示,随着 NaCl 浓度的升高,不同基因型棉花幼苗根中 APX 活性变化呈相同趋势:即先升后降。但相同浓度 NaCl 处理下,耐盐品种 XH 28 根中 APX 活性明显高于盐敏感品种 XH 21;两基因型棉花幼苗叶中 APX 活性在 NaCl 浓度为 0—100 mmol·L⁻¹ 之间显著上升(图 3),后随盐浓度的增加均呈现总体下降的趋势,但在各盐胁迫浓度下 XH 21 叶 APX 活性始终低于 XH28。

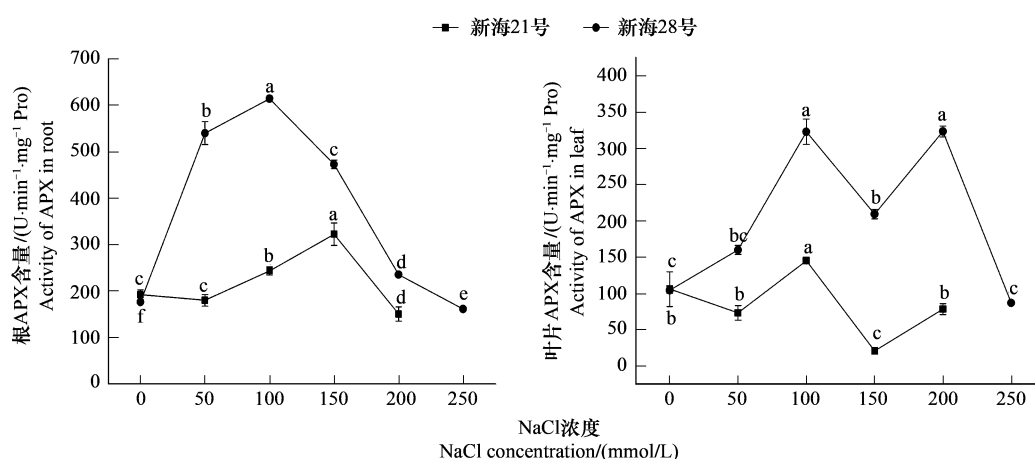


图3 NaCl 处理对海岛棉根、叶 APX 活性的影响

Fig. 3 Effects of NaCl on the activity of APX in root and leaf of sea island cotton

同一品种中标以不同字母的值在 0.05 水平上差异显著

2.4.4 NaCl 胁迫对海岛棉根和叶片中 GR 活性的影响

谷胱甘肽还原酶(GR)是一种黄素蛋白氧化还原酶,对植物来说,GR 在氧化胁迫反应中对清除活性氧起到了很重要的作用^[22]。如图 4 所示,随盐浓度的增加两基因型棉花幼苗根内 GR 含量均呈现总体下降的趋势,但相同浓度 NaCl 处理下盐敏感品种 XH 21 根内 GR 活性明显高于耐盐品种 XH 28;XH 21 叶内 GR 活性(图 4)随盐浓度的增加显著高于对照,XH 28 则随盐浓度的增加呈先上升后下降的趋势。

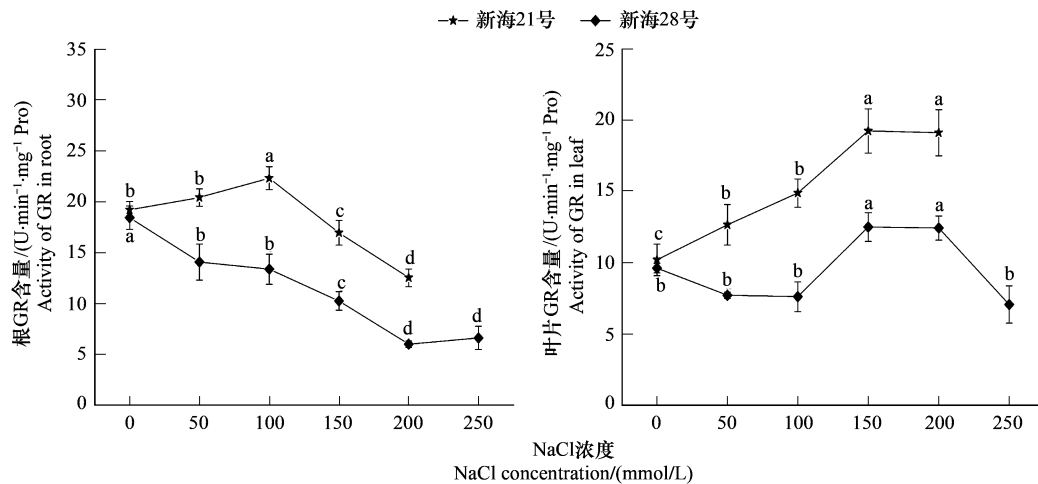


图4 NaCl处理对海岛棉根、叶GR活性的影响

Fig. 4 Effects of NaCl on the activity of GR in root and leaf of sea island cotton

同一品种中标以不同字母的值在0.05水平上差异显著

3 讨论

土壤盐渍化是目前影响农业生产和生态环境并阻碍农业快速发展的因素之一,新疆受干旱气候和封闭内陆盆地的影响,盐渍地面积大,类型多,积盐重,尤其是南疆地区,盐渍地面积占全区耕地面积的35%以上,而海岛棉的种植区盐渍化亦十分严重。作物对盐胁迫响应最敏感的生理现象是生长发育受到抑制,Levitt^[23]和Sharma^[24]研究表明:土壤中的盐分对陆地棉生长和发育具有双重影响:较低浓度的盐分(35 mmol·L⁻¹以下)有利于陆地棉生长,当盐分大于35 mmol·L⁻¹时,则抑制陆地棉生长,谢德意^[25]发现,无论盐浓度高低均对陆地棉(豫棉15)幼苗生长产生抑制作用。本实验发现各种浓度的盐处理均抑制了盐敏感品种新海21号幼苗生长这与谢德意的结论一致,而对于耐盐品种新海28号50 mmol·L⁻¹ NaCl处理促进了幼苗生长这与Levitt^[23]和Sharma^[24]的结论吻合。这些结果表明,盐分对海岛棉生理影响不同于陆地棉,同时耐盐性与基因型密切相关。从本试验的结果来看NaCl浓度为50 mmol·L⁻¹为新海28号生长的最适盐浓度。

蛋白质是生物细胞中最重要的有机物质之一,生物的各种功能主要通过蛋白质来实践。生物在逆境条件下通过增加可溶性蛋白的合成,直接参与其适应逆境的过程。李妮亚^[26],张国良^[27]等研究表明,在多种逆境(干旱、盐分、污染物、病菌侵染等)胁迫下,植物体内正常的蛋白质合成常会受到抑制,但是往往会有一些被诱导出的新蛋白出现或原有蛋白质含量的明显增加。本研究发现,NaCl胁迫下海岛棉两基因型根系蛋白质含量下降,而叶片内蛋白质含量却明显增加。这可能由于根系直接接触NaCl,盐离子进入根内,引起蛋白质合成的抑制或者是诱导了蛋白水解酶活性的增强,加速蛋白质水解的结果。而叶内蛋白质含量的上升可能是NaCl胁迫诱导了两基因型叶内蛋白的表达,引起蛋白质含量的增加。盐胁迫下盐敏感品种XH 21根内蛋白质含量的降幅大于耐盐品种XH 28,而叶内蛋白质含量的上升幅度又低于XH 28,说明盐胁迫对海岛棉幼苗蛋白质含量的影响与基因型密切相关。

渗透调节是植物适应盐胁迫的基本特征之一,盐胁迫下细胞内积累一些物质,如Pro、可溶性糖等,以调节细胞内的渗透势,维持水分平衡。盐胁迫下Pro积累的作用是多方面的不仅可缓解高浓度盐离子构成的渗透胁迫^[28],还可作为植物体内氮和能量的一种贮存库利于胁迫恢复后重新利用^[29]。但目前对盐胁迫下Pro积累的生理机制仍存在较大分歧。一些研究表明,Pro作为一种主要的细胞渗透调节物质,盐胁迫下大量积累是植物对盐渍逆境的一种适应,对提高植物抗盐性起着重要作用^[30];但也有研究认为盐胁迫下Pro积累量更适于作为胁迫伤害指标^[31]。本试验结果表明,在NaCl胁迫下海岛棉不同基因型根、叶中脯氨酸含量的变化趋势不同,盐胁迫导致盐敏感品种XH 21根系脯氨酸含量显著降低,叶中脯氨酸含量显著增加;而耐盐品种

XH 28 表现为,盐胁迫导致根和叶中脯氨酸含量均显著增加。这表明盐胁迫下海岛棉幼苗脯氨酸的积累有利于维持较高的盐胁迫抗性,更适合做为海岛棉抗盐性筛选的指标。

在正常生理条件下,抗氧化系统可以提供足够的抗活性氧损伤的保护作用,从而避免由活性氧引起的生理失调。逆境下植物产生较多的活性氧,引起膜脂过氧化而导致膜系统受损,最终使组织受到破坏。SOD、POD、CAT 和 APX 等保护酶类在植物体内协同作用:清除过量的活性氧,维持活性氧的代谢平衡,保护膜结构,从而使植物在一定程度上忍耐、减缓或抵御逆境胁迫伤害^[32]。SOD 通过歧化反应使 O^{-2} 转变为 H_2O_2 ,但 H_2O_2 仍然是活性氧存在的一种形式,其最终被消除主要依赖于 CAT,此外 POD 也清除部分 H_2O_2 。本研究结果表明,两品种对 NaCl 胁迫的酶活性响应存在明显的差异,耐盐品种 XH 28 在低浓度 NaCl 处理下可通过提高根、叶内 POD、CAT 及 APX 活性来清除多余的活性氧,在高浓度 NaCl 处理下,APX 和 CAT 活性受到抑制,而盐敏感品种 XH 21:即使在低浓度 NaCl 胁迫下抗氧化酶活性便受到抑制,生物膜受影响,引起膜脂过氧化,这与马丽等^[33]在陆地棉中的研究结果一致。

GR 是一种黄素蛋白氧化还原酶,在抗氧化胁迫中的作用体现在通过抗坏血酸-谷胱甘肽循环使植物细胞重要的两种非酶抗氧化剂—抗坏血酸、谷胱甘肽得以再生^[34]。抗坏血酸能与活性氧反应,减少活性氧伤害^[35]。谷胱甘肽是有效的过氧化物清除剂之一^[36]。在盐胁迫下盐敏感品种 XH 21 根和叶内 GR 活性均高于耐盐品种 XH 28,因此推测盐敏感品种 XH 21 抵御氧化胁迫可能主要依赖非酶类抗氧化剂(如抗坏血酸和谷胱甘肽),而耐盐品种 XH 28 抵御盐胁迫引起的氧化胁迫主要依靠抗氧化酶系统起作用,详细的分子机制有待进一步研究。

作物耐盐性的机制十分复杂,仅从某一侧面或某些层次去研究盐胁迫对作物造成的伤害是远远不够的,作物耐盐的表现是多方面的。本试验以幼苗期海岛棉为实验材料,至于盐胁迫对海岛棉幼苗的影响与成株发育阶段植株的反应是否一致,尚需进一步研究。

4 结论

4.1 NaCl 胁迫对海岛棉鲜重的影响大于干重,对茎叶的影响大于根系,对耐盐品种和盐敏感品种生长的影响具有明显差异,低浓度 NaCl 能够促进耐盐品种的生长,而对盐敏感品种则无促进作用。

4.2 与盐敏感品种相比较,耐盐品种的幼苗中脯氨酸和蛋白质含量高,抗氧化酶活性高,这些特征为海岛棉栽培管理和抗性鉴定、筛选与育种提供了理论依据和参考指标。

References:

- [1] Tian C Y, Zhou H F, Liu G Q. The proposal on control of soil salinizing and agricultural sustaining development in 21 century in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2000, 23: 178-181.
- [2] Ling J. Investigation of the spatial variability of soil nutrients in saline soil in Xinjiang. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21 (11): 113-117.
- [3] Jiang Y J, Zheng D M, Lu S Q, Gao L Y. Salt of soil affect quality of cotton. *Journal of Tarlm Agricultural Reclamation University*, 1994, 8(2): 23-27.
- [4] Jia Y Z, Zhu X Y, Tang Y D. Research on the targets tolerant towards salt in cotton emergence and seedling stage. *Journal of Henan Agricultural University*, 1987, 21(1): 30-41.
- [5] Zhao K F. Mechanism of inhibitory effect of NaCl on the growth of cotton seedlings-affect of salt ions. *Plant Physiologica Sinica*, 1989, 15(2): 173-178.
- [6] Li F G, Li F L, Li X L. Effects of salt stress on the activity of protective enzymes in cotton seedling. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1994, 17(3): 25-29.
- [7] Shen F F, Yu Y J, Liu F Z. Screening of whole plants and pollen grains of cotton for salt tolerance. *Acta Agronomica Sinica*, 1997, 25(3): 620-625.
- [8] Sun X F, Liu Y L. Test on criteria of evaluating salt tolerance of cotton cultivars. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(6): 794-801.
- [9] Xing C S, Dong H Z, Tang W. Physiological and molecular mechanism of salt injury and salt tolerance in cotton. *Cotton Science*, 2005, 17(5): 309-313.

- [10] Jafri A Z, Ahmad R. Plant growth and ionic distribution in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under saline environment. Pakistan Journal Botany, 1994, 26(1): 105-114.
- [11] Pessarakli M. Physiological response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to salt stress// Handbook of Crop Plants. New York: Marcel Dekker, 1995: 679-693.
- [12] Ashraf M, Ahmad S. Influences of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fibre characteristics in salt-tolerant and salt-sensitive lines of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Field Crops Research, 2000, 66: 115-127.
- [13] Zhang Z L. The Guidance of Plant Physiological Experiment. Beijing: Higher Education Press, 2003: 274-277.
- [14] Zhang D Z, Wang P H, Zhao H X. Determination of the content of free proline in wheat leaves. Plant Physiology Communications, 1990, 26(4): 62-65.
- [15] Zou Q. The Guidance of Plant Physiological Experiment. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 173-174.
- [16] Mishra N P, Mishra P K, Singhal G S. Changes in the activities of antioxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors. Plant Physiology, 1993, 102: 903-910.
- [17] Shen W B, Xu L L, Xu M B. Study on determination of ASP activity. Plant Physiology Communications, 1996, 32(3): 203-205.
- [18] Jiang M Y, Zhang J H. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedling. Plant Cell Physiology, 2001, 42(11): 1265-1273.
- [19] Scandalios J G. Oxygen stress and superoxide dismutases. Plant Physiology, 1993, 101: 7-12.
- [20] Chen G X, Asada K. Inactivation of ascorbate peroxidase by thiols requires hydrogen peroxide. Plant Cell Physiology, 1992, 33: 117-123.
- [21] Kraus T E, Fletcher R A. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury is detoxification of active oxygen involved. Plant Cell Physiology, 1994, 35: 45-52.
- [22] Mullineaux P M, Creissen G P. Glutathione reductase: Regulation and role in oxidative stress// Oxidative Stress and The Molecular Biology of Antioxidant Defenses. United Kingdom: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1997: 667-712.
- [23] Levitt J. Responses of Plant to Environmental Stress(2ed). USA: Academic Press, 1980: 4-15.
- [24] Sharma S K. Saline Environment and Plant Growth. India: Agro Botanical Publishers, 1986: 20-25.
- [25] Xie D Y, Wang H P, Wang F X, Feng F Q. Effects of germination and growth of cotton under salt stress. Chinese Cotton, 2000, 27(9): 12-13.
- [26] Li N Y, Gao J F, Wang P H. The characteristics of induced protein in shoots of wheat seedlings under water stress. Plant Physiologica Sinica, 1998, 24(1): 65-71.
- [27] Zhang G L, Chen W J, Qiu L M, Sun G R, Dai Q G, Zhang H C. Physiological response to 1,2,4-Trichlorobenzene stress of different rice genotypes in seedlings. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(4): 733-740.
- [28] Shi Q H, Zhu Z J, Khalid A L, Liu H Y, Yu J Q. Effects of iso-osmotic salt stress on the activities of antioxidative enzymes, $H^+-ATPase$, $H^+-PPase$ in tomato plants. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2004, 30(3): 311-316.
- [29] Trotel P, Bouchereau A, Niogret M F, Larher F. The fate of osmo-accumulated proline in leaf discs of rape (*Brassica napus* L.) incubated in a medium of low osmolarity. Plant Science, 1996, 118: 31-45.
- [30] Bai B Z. Plant Physiological. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 257-260.
- [31] Lutts S, Majerus V, Kinet J M. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Physiologia Plantarum, 1999, 105: 450-458.
- [32] Liang Y C, Chen Q, Liu Q. Exogenous silicon increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Physiology, 2003, 160: 157-164.
- [33] Ma L, Hou Z A, Liang Y C, Gong J, Hu Z, Zhou X L, Xu H Y. Effects of NaCl stress on physiological characteristics of different cotton cultivars in seedling stage. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2007, 32(4): 6-8.
- [34] Qin X Q, Jia S R. Genetic engineering of plants tolerant to oxidative stress. Journal of Agricultural Biology Technology, 1997, 5(1): 14-24.
- [35] Chen K R, Gong H J, Wang S M. Biosynthesis, transport and function of ascorbate in plants. Acta Botany Boreal-Occident Sinica, 2004, 24(2): 329-336.
- [36] Chen K R, Gong H J, Wang S M. Glutathione metabolism and environmental stresses in plants. Acta Botany Boreal-Occident Sinica, 2004, 24(6): 1119-1130.

参考文献:

- [1] 田长彦, 周宏飞, 刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议. 干旱区地理, 2000, 23: 178-181.
- [2] 蔺娟. 新疆盐渍土时空变化的研究. 干旱区资源与环境, 2007, 21(11): 113-117.
- [3] 姜益娟, 郑德明, 吕双庆, 高林艳. 土壤盐分对棉花产量的影响. 塔里木农垦大学学报, 1994, 8(2): 23-27.

- [4] 贾玉珍,朱禧月,唐予迪. 棉花出苗及苗期耐盐性指标的研究. 河南农业大学学报, 1987, 21(1): 30-41.
- [5] 赵可夫. NaCl 抑制棉花幼苗生长的机理——离子效应. 植物生理学报, 1989, 15(2): 173-178.
- [6] 李付广,李凤莲,李秀莲. 盐胁迫对棉花幼苗保护酶系统活性的影响. 河北农业大学学报, 1994, 17(3): 25-29.
- [7] 沈法富,于元杰,刘凤珍. 棉花植株和花粉耐盐性的鉴定. 作物学报, 1997, 25(3): 620-625.
- [8] 孙小芳,刘友良. 棉花品种耐盐性鉴定指标可靠性的检验. 作物学报, 2001, 27(6): 794-800.
- [9] 辛承松,董合忠,唐薇. 棉花盐害与耐盐性的生理和分子机理研究进展. 棉花学报, 2005, 17(5): 309-313.
- [13] 张志良. 植物生理学实验指导. 北京:高等教育出版社, 2003: 274-277.
- [14] 张殿忠,王沛洪,赵会贤. 测定小麦叶片脯氨酸含量的方法. 植物生理学通讯, 1990, 26(4): 62-65.
- [15] 邹琦. 植物生理学实验指导. 北京:中国农业出版社, 2000. 173-174.
- [25] 谢德意,王惠萍,王付欣,冯复全. 盐胁迫对棉花种子萌发及幼苗生长的影响. 中国棉花, 2000, 27(9): 12-13.
- [26] 李妮亚,高俊凤,汪沛洪. 小麦幼苗水分胁迫诱导蛋白的特征. 植物生理学报, 1998, 24(1): 65-71.
- [27] 张国良,陈文军,仇利民,孙国荣,戴其根,张洪程. 不同基因型水稻苗期对 1,2,4-三氯苯胁迫的生理响应. 作物学报, 2009, 35(4): 733-740.
- [28] 史庆华,朱祝军, Khalid AL-aghabary, 刘慧英,喻景权. 离子胁迫对番茄抗氧化酶 $H^+ - ATPase$, $H^+ - PPase$ 的影响. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(3): 311-316.
- [30] 白宝璋. 植物生理学. 北京:中国农业出版社, 1996: 257-260.
- [33] 马丽,侯振安,梁永超,龚江,胡征,周小丽,许化友. NaCl 胁迫对棉花幼苗生理特性的影响. 石河子大学学报(自然科学版), 2008, 26(2): 180-184.
- [35] 陈坤明,宫海军,王锁民. 植物抗坏血酸的生物合成、转运及其生物学功能. 西北植物学报, 2004, 24(2): 329-336.
- [36] 陈坤明,宫海军,王锁民. 植物谷胱甘肽代谢与环境胁迫. 西北植物学报, 2004, 24(6): 1119-1130.