

盐胁迫对海岛棉幼苗生长的影响

阿曼古丽·买买提阿力¹, 王立红¹, 郑 慧¹, 张巨松¹, 田立文²

(1. 新疆农业大学农学院/教育部棉花工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院经济作物研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘 要: 采用盆栽试验方法, 研究了新海 16 号、新海 20 号、新海 24 号、新海 25 号、新海 28 号、新海 34 号和新海 35 号等 7 个海岛棉品种在盐胁迫(0.6% NaCl)下幼苗生长情况、光合特性等, 为海岛棉栽培管理及耐盐品种的选育提供一定的理论依据。结果表明, 0.6% NaCl 盐胁迫下, 种子出苗率、株高、鲜重、干重、第一片真叶叶绿素含量(Chl)、净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)均有所下降; 而植株含水量、可溶性糖含量(SS)、可溶性蛋白质(SP)和丙二醛含量(MDA)均增加。同等盐胁迫条件下, 新海 24 号、新海 34 号、28 新海号、新海 35 号与其余 3 个品种相比, 具有较低的植株含水量和丙二醛含量, 均保持较高的可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量, 表现出较好的耐盐性。本研究发现, 0.6% NaCl 盐胁迫对海岛棉种子出苗影响较小, 对幼苗株高、鲜重、干重和植株含水量影响较大。海岛棉幼苗叶片净光合速率降低可能是气孔限制因素所引起的。海岛棉品种在 0.6% NaCl 盐胁迫下基本上都表现出较好的耐盐性, 但对新海 20 号的影响较大。

关键词: 盐胁迫; 海岛棉; 幼苗生长; 影响

中图分类号: S562 **文献标志码:** A

Effects of salt stress on growth of island cotton seedlings

Amangul·Mambetale¹, WANG Li-hong¹, ZHENG Hui¹, ZHANG Ju-song¹, TIAN Li-wen²)

(1. Xinjiang Agricultural University/Research Center of Cotton Engineering, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. Institute of Economic Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

Abstract: A pot experiment was carried out to explore the growth and photosynthetic characteristics of 7 island cotton varieties (including XH16, XH20, XH24, XH25, XH28, XH34 and XH35) under salt stress (0.6% NaCl), so as to provide a theoretical basis for the cultivation of island cotton and breeding of salt-tolerant varieties. The results showed that, under 0.6% NaCl salt stress, the germination rate, plant height, fresh weight per plant, dry weight per plant, chlorophyll content (Chl), net photosynthetic rate (P_n), intercellular CO_2 concentration (C_i), stomatal conductance (G_s) and transpiration rate (T_r) were decreased, while the plant water content, soluble sugar (SS) content, soluble protein (SP) content and malondialdehyde (MDA) content were increased. Under the same condition of salt stress, the plant water content and MDA content were lower while the content of SS and SP were higher in XH24, XH34, XH28 and XH35 than those in the other 3 varieties, showing a good tolerance to salt stress. It was also found that 0.6% NaCl salt stress affected the height, fresh weight, dry weight and water content of seedlings more than the seed germination rate of island cotton. The decrease of net photosynthetic rate in leaves of island cotton seedlings might be caused by stomatal limitation factors. All the tested island cotton varieties showed a rather good tolerance to salt stress, except for XH20.

Keywords: salt stress; island cotton; seedling growth; effect

现代农业发展面临的主要环境问题是土壤盐渍化。盐渍土是盐土、碱土和各种盐化、碱化土壤的总称^[1]。根据资料统计,我国盐渍化土壤面积约为 $3.69 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占现有耕地的 25%, 主要分布于土壤

蒸发量大, 降水量稀少的干旱、半干旱地区和滨海地区^[2], 新疆地处亚欧大陆腹地, 远离海洋, 属于典型的干旱半干旱地区, 年平均降水量约为 150 mm 左右, 现有耕地中已有 31.1% 的面积受到盐渍危

收稿日期: 2015-11-19

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目“棉花高产高效关键技术与示范”课题(2014BAD11B02); 新疆自治区成果转化项目“优良棉花品种及配套技术集成示范”(201354103); 科技部富民强县项目“优质棉花高效生产技术集成示范及产业化开发”; 国家棉花产业技术体系长绒棉育种科学家岗位(CARS-18-07)

作者简介: 阿曼古丽·买买提阿力(1990—), 女, 新疆克州人, 硕士研究生, 主要从事棉花逆境生理研究。E-mail: 1164658443@qq.com.

通信作者: 张巨松(1963—), 男, 江苏江都人, 教授, 主要从事作物高产栽培生理生态研究。E-mail: xjndzjs@163.com.

害^[3]。棉花是 (*Gossypium hisutum*) 世界和我国主要的经济作物,属于短日照双子叶植物,是盐碱地的主要作物。海岛棉 (*G. Barbadosense* L.) 又称长绒棉,虽产量比陆地棉较低,但棉纤维品质较好,是纺制高档和特种棉纺织品的主要原料。新疆是我国唯一的海岛棉种植区。新疆干热气候及土壤盐渍化等环境不利于农作物生长,因此,棉花(海岛棉)研究工作主要致力于提高品种的抗逆性尤其是耐旱耐盐性。研究盐胁迫下不同基因型海岛棉幼苗生长及生理响应,对于海岛棉抗盐、促进盐渍土地的有效利用,实现海岛棉高产稳产具有重要的理论意义和实践价值。棉花在不同生育阶段耐盐能力不同,对盐胁迫最敏感时期是萌发出苗期,也是进行耐盐性鉴定的最佳时期,随着生育期的延长,棉花耐盐性逐步提高^[4]。有研究表明,不同基因型海岛棉品种在萌发期种子吸水量随盐浓度的增加明显降低,且发芽时间推迟,发芽率、发芽指数和活力指数等均降低;而适宜的盐浓度对海岛棉品种表现出增效效应^[5]。无论盐浓度高低,都对棉花幼苗生长产生抑制作用,且胁迫浓度越高,时间越长,其影响越明显^[6-8]。本研究选用有代表性的海岛棉品种进行盐胁迫处理,探讨盐胁迫下海岛棉品种幼苗生长发育特性、光合气体交换参数以及渗透调节物质的影响。研究盐胁迫对海岛棉幼苗生长的影响,探明海岛棉幼苗的耐盐机制,揭示幼苗生长发育、光合作用及相关生理指标与盐胁迫之间的关系,为耐盐品种的选育和盐碱地的有效开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2014 年 8—11 月在新疆农业大学教育部分棉花工程研究中心棉花生理实验室内进行。选取新疆代表性 7 个海岛棉品种新海 16 号 (XH16)、新海 20 号 (XH20)、新海 24 号 (XH24)、新海 25 号 (XH25)、新海 28 号 (XH28)、新海 34 号 (XH34) 和新海 35 号 (XH35) 为试验材料,从播种期开始进行 NaCl 盐胁迫试验。供试用盐:分析纯 NaCl。

1.2 试验设计

采用盆栽法培育海岛棉植株。种子经过 0.1% HgCl₂ 溶液消毒 15 min 后,置于 25℃ 智能光照培养箱 (GTOP-380B2,浙江托普) 中催芽至露白。将 1:1 (V/V) 草炭、蛭石复合基质于 120℃ 高温灭菌 24 h。

土壤盐含量 (%) 设置 2 个水平:CK (0) 和 0.6%。将一定量的 NaCl (分析纯) 溶解后均匀灌入草炭、蛭石复合基质内,选择发芽整齐一致的种子播

入塑料营养钵 (12 cm × 11 cm) 中,每盆装土 310 g,每盆播种 6 粒种子,保持每粒种子的播种深度 2.3 cm,每品种每处理种植 18 盆。每天观察幼苗生长状况,并重量法控制补水量以确保土壤含水量一致。培养条件为 30℃/22℃ (昼/夜),相对湿度 RH50%,光强 400~600 μmol·m⁻²·s⁻¹,光周期 12 h/12 h (昼/夜)。棉花出苗后 24 d,开始取样进行测定。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状的测定 播种后第 10 天,计数各品种各处理出苗数,计算其出苗率 (ER) = 出苗数/播种总数 × 100%。幼苗长至 25 d,用直尺测定每株棉花幼苗子叶节到顶端的垂直高度 (cm),重复 10 次。取 5 株进行生物量的测定,先测定鲜重,之后将鲜样在 105℃ 的烘箱中杀青 30 min,于 80℃ 下烘干至恒重并称其干重 (g),并计算植株含水量 (PWC) = (鲜重 - 干重)/鲜重 × 100%。

1.3.2 生理特性 叶绿素含量:参照刘萍等的方法略有改进^[9]。幼苗长至 25 d,选取整齐一致植株的第一片真叶,去掉叶脉后剪碎混匀,称取 0.1 g,用 1:1 (V:V) 的乙醇、丙酮混合液 10 ml,暗室浸泡至组织变白 (48 h), (空白加 1:1 (V:V) 的乙醇、丙酮混合液 10 ml) 橡皮塞封口防止提取液挥发,用 UV-1800 紫外/可见分光光度计测定 OD₆₆₃ nm、OD₆₄₅ nm 处的吸光度值。

播种后第 25 天,使用 CARIS-2 型便携式光合仪 (英国 PP Systems USA 公司) 测定植株第一片真叶净光合速率 (*P_n*)、气孔导度 (*G_s*)、胞间 CO₂ 浓度 (*C_i*) 和蒸腾速率 (*T_r*) 等指标,测定过程中光强设置 400 μmol·m⁻²·s⁻¹,周围环境温度 (25 ± 1)℃,大气 CO₂ 浓度 (*C_i*) 变化范围为 (410 ± 10) μmol·L⁻¹ (使用开放式气路,CO₂ 浓度为 385 μmol·mol⁻¹ 左右)。选取长势均匀的植株,5 次重复。可溶性糖 (SS) 含量测定:采用蒽酮乙酸乙酯法^[10]。可溶性蛋白质 (SP) 含量的测定:采用考马斯亮蓝法^[11]。丙二醛 (MDA) 含量测定:采用硫代巴比妥酸比色法测定^[12]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 17.0、Excel 2010 进行分析,方差分析均为 0.05 水平,采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对海岛棉种子出苗的影响

由图 1 可知,盐胁迫影响海岛棉种子出苗率,但不同基因型海岛棉种子出苗对盐胁迫的反应不同。所有种子出苗率均呈现降低趋势。0.6% NaCl 盐胁迫没有显著降低 XH24 号的出苗率,其余品种种子

出苗率降低幅度都与 CK 达到了显著水平;同等盐胁迫强度下,XH24 号、XH34 号、XH28 号和 XH35 号出苗率比对照分别仅降低了 1.39%、3.68%、4.98%和 7.34%,而 XH25 号、XH16 号和 XH20 号降低了 7.80%、8.51%和 9.19%。从各供试品种出苗率降低程度看,0.6%盐胁迫对海岛棉种子出苗没有太大的影响。

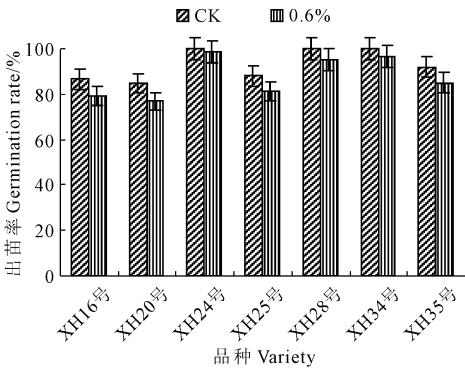


图 1 盐胁迫对海岛棉种子出苗率的影响

Fig.1 Effect of salt stress on seed germination of island cotton

2.2 盐胁迫对海岛棉幼苗生长的影响

从表 1 可知,盐胁迫对 7 个海岛棉幼苗株高、鲜

重、干重和植株含水量都有抑制作用。盐胁迫下,株高、鲜重和干重均表现降低趋势,而植株含水量呈现增加,各供试品种均表现相同趋势。在盐胁迫下,XH20 号、XH16 号、XH25 号、XH35 号、XH28 号、XH34 号和 XH24 号株高与对照相比分别下降了 36.86%、31.52%、28.21%、25.79%、20.09%、17.44%和 15.10%。方差分析表明,盐处理下各形态指标降低程度与对照相比达到了显著水平($P < 0.05$)。同等盐胁迫下,XH20 号各形态指标降低幅度明显高于其它品种(见图 2)。



图 2 盐胁迫下海岛棉幼苗长势。

Fig.2 The growing situation of island cotton under salt stress

表 1 盐胁迫对海岛棉幼苗生长的影响

Table 1 Effects of salt stress on growth of island cotton seedlings

品种 Variety	处理 Treatment	株高/cm Plant height	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight	植株含水量/% Plant water content
XH16 号	CK	20.40 ± 1.02a	2.14 ± 0.67a	0.26 ± 0.05a	0.87 ± 0.03a
	0.6%	13.95 ± 1.04b	1.62 ± 0.39a	0.12 ± 0.18b	0.93 ± 0.00b
XH20 号	CK	14.84 ± 1.12a	1.76 ± 0.45a	0.22 ± 0.03a	0.86 ± 0.04a
	0.6%	9.37 ± 0.93b	1.23 ± 0.12b	0.06 ± 0.03b	0.96 ± 0.02b
XH24 号	CK	14.30 ± 1.21a	2.04 ± 0.11a	0.19 ± 0.02a	0.91 ± 0.01a
	0.6%	12.14 ± 1.30b	1.94 ± 0.32a	0.14 ± 0.02b	0.93 ± 0.02a
XH25 号	CK	15.49 ± 1.33a	1.77 ± 0.54a	0.20 ± 0.02a	0.87 ± 0.04a
	0.6%	11.12 ± 1.28b	1.36 ± 0.34a	0.11 ± 0.02b	0.92 ± 0.01b
XH28 号	CK	18.42 ± 0.97a	1.93 ± 0.56a	0.21 ± 0.02a	0.88 ± 0.03a
	0.6%	14.72 ± 1.04b	1.77 ± 0.22a	0.14 ± 0.01b	0.93 ± 0.02b
XH34 号	CK	20.47 ± 2.59a	2.11 ± 0.09a	0.23 ± 0.04a	0.89 ± 0.02a
	0.6%	16.90 ± 2.00b	1.97 ± 0.35a	0.16 ± 0.32a	0.92 ± 0.02b
XH35 号	CK	15.59 ± 1.44a	1.67 ± 0.42a	0.17 ± 0.02a	0.88 ± 0.03a
	0.6%	11.57 ± 0.92b	1.30 ± 0.10b	0.09 ± 0.00b	0.95 ± 0.01b

注:同列不同小写字母 a、b、c 表示不同处理差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: The different small letters indicate significance difference ($P < 0.05$). The same below.

2.3 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片叶绿素(Chl)含量的影响

叶绿素是与光合作用有关的重要色素,其光合

作用吸收光能中起核心作用。

盐胁迫对不同海岛棉品种幼苗第一片真叶叶绿素含量影响见表 2。从表 2 中可见,6 个海岛棉品种

对盐胁迫的反应基本上一致,经过 0.6% 盐胁迫后叶片中叶绿素 a 含量(Chla)、叶绿素 b 含量(Chlb)和总叶绿素含量 Chl(a + b)均呈现降低趋势;而 XH24 号幼苗叶片 Chla、Chlb 和 Chl(a + b)含量较 CK 有增加,与对照相比分别增加了 4.55%、4.05% 和 4.41%,Chla 增加幅度与 CK 相比没有达到显著水平($P > 0.05$)。同等盐胁迫下,XH34 号、XH28 号、XH35 号幼苗叶片叶绿素含量较高,而 XH20 号叶绿素含量降低幅度较大。这表明盐胁迫条件下 XH20 号表现出较弱的叶绿素合成能力。

表 2 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片叶绿素含量的影响

Table 2 Effects of salt stress on chlorophyll content in leaves of island cotton seedlings				
品种 Variety	处理 Treatment	叶绿素 a Chl a /(mg·g ⁻¹)	叶绿素 b Chl b /(mg·g ⁻¹)	总叶绿素 Chl(a + b) /(mg·g ⁻¹)
XH16 号	CK	2.62 ± 0.07a	1.22 ± 0.05a	3.84 ± 0.02a
	0.6%	2.37 ± 0.20a	0.95 ± 0.06b	3.32 ± 0.11b
XH20 号	CK	1.72 ± 0.08a	0.70 ± 0.06a	2.42 ± 0.02a
	0.6%	1.40 ± 0.26a	0.49 ± 0.01b	1.89 ± 0.25b
XH24 号	CK	1.98 ± 0.57a	0.74 ± 0.02a	2.72 ± 0.08a
	0.6%	2.07 ± 0.00b	0.77 ± 0.18a	2.84 ± 0.18a
XH25 号	CK	2.02 ± 0.00a	0.68 ± 0.02a	2.70 ± 0.01a
	0.6%	1.83 ± 0.02b	0.55 ± 0.01b	2.38 ± 0.03b
XH28 号	CK	1.71 ± 0.01a	0.49 ± 0.18a	2.20 ± 0.17a
	0.6%	1.56 ± 0.03b	0.42 ± 0.05a	1.98 ± 0.06a
XH34 号	CK	2.25 ± 0.04a	0.85 ± 0.01a	3.09 ± 0.03a
	0.6%	2.11 ± 0.18a	0.76 ± 0.04b	2.87 ± 0.22a
XH35 号	CK	1.83 ± 0.04a	0.59 ± 0.03a	2.42 ± 0.07a
	0.6%	1.66 ± 0.03b	0.48 ± 0.02b	2.14 ± 0.02b

2.4 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片光合气体交换参数的影响

如表 3 所示,XH28 号、XH16 号和 XH34 号幼苗叶片 CK 净光合速率(P_n)略高于其它供试品种。盐胁迫条件下,5 个海岛棉幼苗叶片净光合速率都表现出比 CK 下降的趋势,且与对照相比差异都达到显著水平($P < 0.05$)。0.6% NaCl 盐胁迫下,XH24 号的净光合速率较对照有小幅增加,差异没有达到显著水平;而 XH34 号的净光合速率较 CK 有下降,但差异未达到显著水平。各供试品种之间比较,在盐胁迫下,降低幅度最大是 XH20 号,与 CK 相比下降 41.28%;XH16 号次之,下降为 33.42%;XH25 号、XH35 号、XH28 号和 XH34 号分别下降 31.08%、30.13%、24.93% 和 18.43%。

NaCl 盐胁迫影响海岛棉品种胞间 CO₂ 浓度

(C_i)(表 3)。试验结果表明,盐胁迫条件下,7 个海岛棉品种 C_i 总体呈现下降趋势,且各供试品种 C_i 下降幅度与对照相比达到了显著水平。0.6% 盐胁迫下,XH20 号、XH16 号、XH25 号、XH35 号、XH28 号、XH34 号和 XH24 号分别下降了 16.82%、15.40%、14.47%、11.87%、11.60%、9.46% 和 9.13%。

叶片气孔导度是叶片与外界环境进行气体交换(CO₂、O₂ 和水蒸气等)的主要通道。盐胁迫下各海岛棉品种气孔导度均有所下降,这说明盐胁迫环境下叶片气孔导度受阻。0.6% 盐胁迫之后,XH24 号的气孔导度下降幅度未达到显著水平,其余品种的下降幅度都达到了显著水平。同等盐胁迫条件下,XH20 号 C_i 下降幅度较大。

盐胁迫下 6 个海岛棉幼苗叶片蒸腾速率(T_r)总体呈现下降趋势,各供试品种 T_r 下降幅度均与 CK 相比达到显著水平($P < 0.05$)。盐胁迫下,XH20 号、XH16 号、XH25 号、XH35 号、XH28 号和 XH34 号分别下降了 64.62%、49.32%、45.53%、39.47%、27.82% 和 16.98%;而 XH24 号 T_r 较对照有小幅增加,增加了 12.93%。品种之间比较,XH34 号、XH28 号和 XH35 号相对其它品种降低幅度较小,XH20 号 T_r 较大。

2.5 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片可溶性糖(SS)含量的影响

在盐渍条件下,植物细胞可以通过积累在渗透上有活性而对细胞无毒,对代谢无抑制作用的可溶性溶质来进行渗透调节,降低渗透势。这些溶质主要有脯氨酸、甜菜碱和可溶性糖等^[13]。由图 3 可知,盐胁迫使海岛棉幼苗叶片可溶性糖含量增加,但不同海岛棉幼苗叶片 SS 含量增加程度不一样,XH25 号、XH16 号和 XH20 号增加幅度相对其余 4 个品种较低。

2.6 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片可溶性蛋白质(SP)含量的影响

NaCl 胁迫对海岛棉幼苗叶片中可溶性蛋白含量的影响见图 4。0.6% NaCl 盐胁迫使幼苗叶片可溶性蛋白质含量均增加。品种之间比较,XH24 号、XH34 号、XH28 号和 XH35 号的增加幅度大于其余 3 个品种,增加幅度与 CK 相比达到了显著水平。

2.7 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片丙二醛(MDA)含量的影响

植物在逆境下常常发生膜脂过氧化作用,机体内积累许多有害的过氧化产物,丙二醛是(MDA)是膜脂过氧化的主要产物之一,其含量的多少可代表

膜损伤的严重程度^[14]。

表 3 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片光合气体交换参数的影响

Table 3 Effects of salt stress on photosynthetic gas exchange parameters in leaves of island cotton seedlings

品种 Variety	处理 Treatment	净光合速率 (<i>P_n</i>) /($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间 CO ₂ 浓度 (<i>C_i</i>) /($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	气孔导度 (<i>G_s</i>) /($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 (<i>Tr</i>) /($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
XH16 号	CK	7.42 ± 0.66a	271.40 ± 29.93a	89.20 ± 8.73a	2.96 ± 0.36a
	0.6%	4.94 ± 0.95b	229.60 ± 8.50b	34.60 ± 4.72b	1.50 ± 0.35b
XH20 号	CK	6.54 ± 1.45a	305.60 ± 5.98a	170.40 ± 37.56a	4.24 ± 0.51a
	0.6%	3.84 ± 0.46b	254.20 ± 16.24b	77.80 ± 9.86b	1.50 ± 0.14b
XH24 号	CK	6.64 ± 0.73a	289.00 ± 15.38a	101.00 ± 9.11a	2.32 ± 0.29a
	0.6%	6.88 ± 0.95a	262.60 ± 17.29b	92.20 ± 21.29a	2.62 ± 0.13b
XH25 号	CK	6.50 ± 0.64a	272.64 ± 39.97a	92.80 ± 4.49a	2.46 ± 0.34a
	0.6%	4.48 ± 0.73b	233.20 ± 20.79b	42.80 ± 6.38b	1.34 ± 0.27b
XH28 号	CK	7.54 ± 0.54a	282.80 ± 22.17a	77.20 ± 14.38a	2.66 ± 0.60a
	0.6%	5.66 ± 0.56b	250.00 ± 14.35b	53.40 ± 8.41b	1.92 ± 0.30b
XH34 号	CK	7.38 ± 1.44a	313.00 ± 17.33a	87.00 ± 16.11a	2.12 ± 0.22a
	0.6%	6.02 ± 1.04a	283.40 ± 13.30b	84.60 ± 4.16a	1.76 ± 0.24b
XH35 号	CK	6.24 ± 0.72a	323.60 ± 18.64a	118.40 ± 21.55a	2.28 ± 0.37a
	0.6%	4.36 ± 0.56b	285.20 ± 17.33b	69.20 ± 14.86b	1.38 ± 0.11b

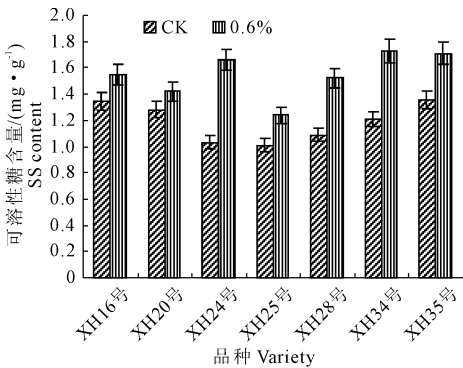


图 3 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片 SS 含量的影响

Fig.3 Effects of salt stress on SS content in leaves of island cotton seedlings

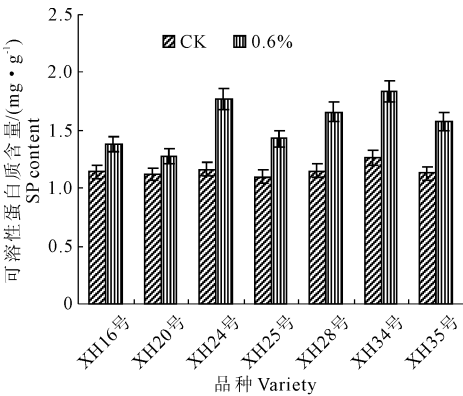


图 4 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片 SP 含量的影响

Fig.4 Effects of salt stress on SP content in leaves of island cotton seedlings

由图 5 可知,在 0.6%盐胁迫下,海岛棉幼苗叶片中的 MDA 含量均有不同程度增加。在同样盐胁迫条件下,品种之间比较可见,XH35 号、XH25 号、XH16 号和 XH20 叶片 MDA 含量增加较显著,与对照相比分别增加了 18.64%、29.38%、52.69% 和 63.63%;而 XH28 号、XH34 号和 XH24 号仅增加了 17.71%、9.86%和 4.68%。

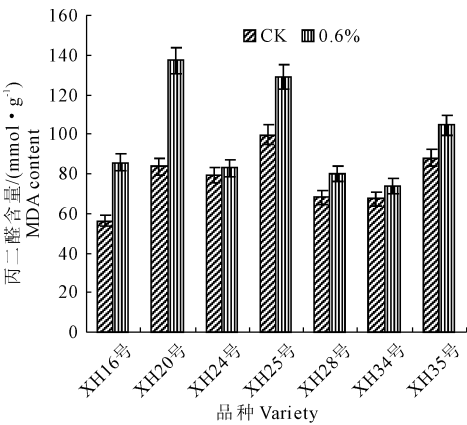


图 5 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片 MDA 含量的影响

Fig.5 Effects of salt stress on MDA content in leaves of island cotton seedlings

3 讨 论

3.1 盐胁迫对海岛棉幼苗生长发育的影响

在自然条件下,植物的生长发育经常会遭受各

种逆境因素(干旱、盐碱和低温等)的影响,使其生长发育受到抑制,甚至导致植株死亡。盐害是土壤中可溶性盐类过多对植物的不利影响^[15]。盐胁迫会造成植物发育迟缓,抑制植物组织和器官的生长和分化,使植物的发育进程提前^[16]。本试验中 0.6% 盐胁迫对海岛棉种子出苗的影响较小,但幼苗株高、物质的积累受影响较显著,这与文卿琳等^[17]、杨小环^[18]等研究一致,无论盐浓度的高低都对幼苗产生抑制作用。

3.2 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片光合参数的影响

盐胁迫可能通过渗透胁迫、离子毒害和糖分积累等因素对光合作用造成抑制作用^[19]。盐胁迫下,引起植物叶片光合效率降低的植物自身因素主要有气孔的部分关闭导致的气孔限制和叶肉细胞光合活性的下降导致的非气孔限制^[20]。王美娥等^[21]、孙璐等^[2]等研究中报道,低盐浓度下气孔因素是引起光合速率下降的主要原因,而高盐浓度下非气孔因素是主要限制因素。杨淑萍等(2010)海岛棉盐胁迫研究中表明,海岛棉光合作用的下降是初期低盐胁迫下以气孔限制为主导因子而逐渐转变为以非气孔限制为主导因子^[22]。本试验结果表明,0.6% 盐胁迫下海岛棉幼苗叶片气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)均比对照有所下降,因此导致净光合速率(P_n)下降的因素是气孔限制。

3.3 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片渗透调节物质含量的影响

可溶性糖是一种渗透调节物质,也是合成有机溶质的碳架和能量来源,还可在细胞内无机离子浓度高时保护酶类^[23-24]。植物在盐胁迫初期叶片中可溶性糖含量增加,但随着时间和盐浓度的增加其含量却降低,这可能是呼吸作用的增强和光合作用的衰竭所致^[24]。杨帆等^[25]的研究发现,构树幼苗可溶性糖含量盐胁迫之前高,盐胁迫之后变化不明显,但张子学等^[26]研究中发现,在适宜的 NaCl 条件下,叶片可溶性糖含量增加,而在高盐浓度下叶片可溶性糖含量下降,这与本试验结果盐胁迫下海岛棉幼苗叶片可溶性糖含量增加的结论一致。马洪波等^[27]研究表明,盐胁迫提高了小麦叶片可溶性蛋白质含量,这也与本试验研究结果一致。

3.4 盐胁迫对海岛棉幼苗叶片丙二醛(MDA)含量的影响

本试验结果表明,在 0.6% 盐胁迫下,不同基因型海岛棉叶中的 MDA 含量均升高,但不同耐盐性海岛棉基因型在 NaCl 胁迫下 MDA 含量变化不一致,相同 NaCl 浓度处理下耐盐性较好的品种叶内的 MDA 含量均低于盐敏感品种,这与马丽等^[28]、王秀

玲等^[29]和韩冰^[30]等研究结果一致。

4 结 论

0.6% NaCl 盐胁迫对海岛棉种子出苗率影响较小,但对幼苗株高、鲜重、干重和植株含水量影响较大。盐胁迫下海岛棉幼苗叶片叶绿素含量均下降,说明盐胁迫影响了叶绿素正常合成,光合作用响应受到了影响。盐胁迫降低了不同基因型海岛棉幼苗叶片净光合速率,耐盐性较好品种下降幅度低于盐敏感品种。海岛棉幼苗叶片净光合速率降低可能是气孔限制因素所引起的。从形态指标与生理特性等方面综合分析,同等盐胁迫条件下,供试品种在 0.6% NaCl 盐胁迫下基本上都表现出较好的耐盐性,XH24 号、XH34 号、XH28 号 XH35 号、XH25 号和 XH16 号等品种之间耐盐性差异不大,而 XH20 号幼苗长势相对不良。

参 考 文 献:

[1] 马翠兰,刘星辉,陈中海.果树对盐胁迫的反应及耐盐性鉴定的研究进展[J].福建农业大学学报,2000,(2):161-166.

[2] 孙 璐,周宇飞,李丰先,等.盐胁迫对高粱幼苗光合作用和荧光特性的影响[J].中国农业科学,2012,(16):3265-3272.

[3] 杨淑萍,危常州,梁永超.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[J].生态学报,2010,(9):2322-2331.

[4] 王俊娟,王德龙,樊伟莉,等.陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性[J].生态学报,2011,(13):3720-3727.

[5] 杨淑萍,危常州,梁永超.盐胁迫对不同基因型海岛棉种子萌发特性的影响[J].中国棉花,2012,(12):6-10.

[6] 谢德意,王惠萍,王付欣,等.盐胁迫对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J].种子,2000,(3):10-12.

[7] 王俊娟,武武威,周大云,等.盐胁迫下不同耐盐类型棉花的萌发特性[J].棉花学报,2007,(4):315-317.

[8] 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,(3):22-25.

[9] 刘 萍,等.植物生理学实验技术[M].北京:科学出版社,2007:39-41.

[10] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2007:111-112.

[11] 蔡庆生.植物生理学实验[M].北京:中国农业出版社,2013,(2):175-177.

[12] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2007:173-174.

[13] 刘 巍,于志水,纪纯阳,等.植物盐胁迫研究进展[J].防护林科技,2008,(1):57-61.

[14] 张亚冰,刘崇怀,潘 兴,等.盐胁迫下不同耐盐性葡萄砧木丙二醛和脯氨酸含量的变化[J].河南农业科学,2006,(4):84-86.

[15] 杨月红,孙艳艳,沈 浩.植物的盐害和抗盐性[J].生物学教学,2002,(11):1-2.

[16] 刘 巍,于志水,纪纯阳,等.植物盐胁迫研究进展[J].防护林科技,2008,(1):57-61.

4 结 论

1) 通过内蒙古临河地区南边渠平面试验场试验,在混凝土衬砌板下铺设 2、3、4、5、6、8 cm 厚的聚氨酯保温板,最大法向冻胀量分别削减 96.02%、97.01%、97.51%、98.51%、99%、99.5%,冻深分别削减 72.73%、73.57%、76.22%、76.78%、75.94%、76.92%,冻胀量都在规范允许的范围之内,说明采用此规格的聚氨酯保温板可以明显削减冻胀量、冻深、提高基土地温、抑制基土中水分迁移,此方法技术可行,经济合理,施工方便,可在水利工程中进一步推广应用。

2) 在实际渠道中考虑到日照及遮阴程度、地下水等因素需要进行修正,该地区最大冻深为 71.5 cm 时,参照抗冻胀设计规范^[19]取值,冻深修正系数取 1.12,设计冻深平均值为 80 cm,保温板厚度(设计冻深 1/15~1/10)取 6~8 cm,即可防止本地区衬砌板的冻胀破坏。

3) 使用该种规格的聚氨酯保温板,平均 1 cm 厚聚氨酯板削减冻深 12 cm,削减冻胀量 5 cm。根据前人的研究成果及工程技术经验,在实际渠道保温施工中聚氨酯保温板的厚度不宜太薄,一般不小于 3 cm。

4) 本试验研究对实际工程应用提供参考,在现场施工时要注意保温板之间的衔接,不得留有间隙,同时在保温板上下面各铺设一层防水的聚乙烯薄膜,防止保温板受潮或吸水影响其保温性能,同时也可以防渗和防止冷空气的进入。

参 考 文 献:

[1] 曹政权,齐广平,李 涛,等.灌溉渠道防渗措施应用现状分析

[J].甘肃农业大学学报,2006,(4):116-120.

[2] 王正中.梯形渠道砼衬砌冻胀破坏的力学模型研究[J].农业工程学报,2004,24(3):24-29.

[3] 石 娇,王正中,张丰丽,等.高地下水位弧底梯形混凝土衬砌渠道冻胀断裂破坏力学模型及应用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(1):213-219.

[4] 孙杲辰,王正中,王文杰,等.梯形渠道砼衬砌体冻胀破坏断裂力学模型及应用[J].农业工程学报,2013,29(8):108-114.

[5] 陈 涛.砼衬砌渠道冻胀破坏力学模型及应用[D].杨凌:西北农林科技大学,2004.

[6] 王正中,李甲林,陈 涛,等.弧底梯形渠道砼衬砌冻胀破坏的力学模型研究[J].农业工程学报,2008,24(1):18-23.

[7] 宋 玲,欧阳辉,余书超.混凝土防渗渠道冬季输水运行中冻胀与抗冻胀力验算[J].农业工程学报,2015,31(18):114-120.

[8] 张 茹,王正中.季节性冻土地区衬砌渠道冻胀防治技术研究进展[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):236-240.

[9] 李甲林,王正中.渠道衬砌冻胀破坏力学模型及防冻胀结构[M].北京:中国水利水电出版社,2013.

[10] 宁建国,朱志武.含损伤的冻土本构模型及耦合问题数值分析[J].力学学报,2007,39(1):70-76.

[11] 李 爽,王正中,高兰兰.考虑混凝土衬砌板与冻土接触非线性性的渠道冻胀数值模拟[J].水利学报,2014,45(4):497-503.

[12] 王文杰,王正中,李 爽,等.季节冻土区衬砌渠道换填措施防冻胀数值模拟[J].干旱地区农业研究,2013,31(6):83-89.

[13] 廖 云,刘建军,陈少峰.混凝土渠道冻胀破坏机制与抗冻胀技术研究进展[J].岩土力学,2008,29:211-214.

[14] 宋清林,何武全,李 根,等.混凝土衬砌渠道保温防冻胀技术研究[J].灌溉排水学报,2015,34(4):43-48.

[15] 程玉辉,周贺达.聚氨酯保温板在哈达山输水干渠中的应用研究[J].东北水利水电,2010,(12):6-9.

[16] 程满金,申利刚,步丰湖,等.聚苯乙烯保温板在衬砌渠道防冻胀中的应用研究[J].灌溉排水学报,2011,30(5):22-27.

[17] 程满金,申利刚.大型灌区节水改造工程技术试验与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2003.

[18] 中华人民共和国水利部.渠道防渗工程技术规范:GB/T 50600—2010[S].北京:中国水利水电出版社,2010.

[19] 中华人民共和国水利部.渠系工程抗冻胀设计规范:SL 23—2006[S].北京:中国水利水电出版社,2006.

(上接第 126 页)

[17] 文卿琳,阿曼古丽·肉孜.盐胁迫对海岛棉种子萌发的影响[J].中国种业,2008,(1):39-41.

[18] 赵 旭,王林权,周春菊,等.盐胁迫对不同基因型冬小麦发芽和出苗的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):108-112.

[19] 张 娟,姜闯道,平吉成.盐胁迫对植物光合作用影响的研究进展[J].农业科学研究,2008,(3):74-80.

[20] 王东明,贾 媛,崔继哲.盐胁迫对植物的影响及植物盐适应性研究进展[J].中国农学通报,2009,25(4):124-128.

[21] 王美娥,陈 明,郎有忠,等.盐分胁迫对小麦光合生产及产量的影响[J].江苏农业学报,2013,(4):727-733.

[22] 杨淑萍,危常州,梁永超.盐胁迫对不同基因型海岛棉光合作用及荧光特性的影响[J].中国农业科学,2010,(8):1585-1593.

[23] 赵玉蓉,王维中.植物在盐害下的渗透调节[J].徐州师范学院学报(自然科学版),1995,13(4):59-62.

[24] 张海燕,赵可夫.盐分和水分胁迫对盐地碱蓬幼苗渗透调节效应的研究[J].植物学报,1998,40(1):56-61.

[25] 杨 帆,丁 菲,杜天真.土壤盐胁迫对构树幼苗生理特性的影响[J].江西农业大学学报,2008,(4):684-688.

[26] 张子学,王正鹏,凌中鑫,等.不同棉花品种 NaCl 胁迫的生理表现及其耐盐性筛选指标分析[J].中国棉花,2004,(8):8-10.

[27] 马洪波,曹月阳,陈 杰,等.土壤盐胁迫对小麦养分和渗透调节物质的影响[J].江苏农业学报,2012,(6):1300-1305.

[28] 马 丽,侯振安,梁永超,等.NaCl 胁迫对棉花幼苗生理特性的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2008,(2):180-184.

[29] 王秀玲,程 序,谢光辉,等.NaCl 胁迫对甜高粱发芽期生理生化特性的影响[J].生态环境学报,2010,(10):2285-2290.

[30] 韩 冰,徐 刚,郭世荣,等.不同浓度盐胁迫对黄瓜幼苗生长和生理代谢的影响[J].江苏农业学报,2014,(1):172-177.