

盐胁迫对小型西瓜幼苗生长的影响

韩志平^{1,2}, 郭世荣¹, 王其传¹

(1. 南京农业大学 园艺学院, 农业部南方蔬菜遗传改良重点开放实验室, 江苏 南京 210095;

2. 山西大同大学 生命科学学院, 山西 大同 037009)

摘要:以“秀雅”和“秀丽”不同小型西瓜品种为试材, 采用营养液培养法, 研究了不同浓度 NaCl 胁迫对耐盐性不同的 2 个品种小型西瓜幼苗生长的影响。结果表明: 50 mmol/L 浓度以下 NaCl 胁迫对“秀雅”幼苗生长没有明显影响, 75 mmol/L 浓度以上 NaCl 胁迫则显著抑制其生长; “秀丽”幼苗生长则随 NaCl 胁迫浓度提高而显著降低。在 75 mmol/L 浓度以上, 随 NaCl 胁迫浓度的提高和胁迫时间的延长, 幼苗盐害指数显著增大, 存活株率则显著降低, 且同一时间、相同浓度 NaCl 胁迫下, “秀雅”幼苗盐害指数低于“秀丽”, 而存活株率高于“秀丽”。说明 NaCl 胁迫严重抑制了小型西瓜幼苗的生长, 但 2 个品种对盐胁迫的反应存在明显差异, “秀雅”幼苗在盐胁迫下生长降低幅度较小、盐害指数较低而存活株率较高, 对盐胁迫的适应性较强。

关键词:小型西瓜; 盐胁迫; 幼苗生长; 盐害指数

中图分类号:S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)07-0013-04

土壤盐渍化是农业生产面临的严峻问题, 全球 20% 的耕地和近半数的灌溉土地都受到不同程度的盐害威胁^[1], 我国也有盐渍土逾 3 000 万 hm^2 ^[2]。近 30 年来, 设施栽培特别是温室和大棚栽培面积迅速扩大, 但由于其封闭性特点, 设施内土壤长期得不到雨水淋洗, 加上大量集中施用化肥和种植年限增加等原因, 土壤次生盐渍化已成为国内外设施栽培中普遍存在的问题^[3-4], 严重影响了设施蔬菜产业的可持续高效发展。

盐胁迫可通过渗透胁迫、离子毒害、营养亏缺和氧化胁迫等多种机制造成植物生长受阻、光合下降、能耗增加、衰老加速, 甚至植株死亡^[5]。其中生长抑制是非盐生植物在盐胁迫下最普遍和最显著的变化, 因此生长指标的变化是评价植物耐盐性的重要指标^[6-7]。国内外学者对植物的耐盐性进行了大量研究^[8-10], 但盐胁迫对

西瓜植株影响的研究近年来才有少量报道^[11-13]。该试验采用营养液培养法, 研究了不同浓度 NaCl 胁迫对耐盐性不同的 2 个小型西瓜品种(*Citrullus lanatus* M.) 幼苗生长的影响, 为进一步研究西瓜植株对盐胁迫响应的生理和分子机制奠定基础, 以期为设施西瓜抗盐栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试小型西瓜品种为设施园艺与无土栽培实验室筛选得到的耐盐性较强的“秀雅”和耐盐性较弱的“秀丽”, 均由安徽省农科院园艺研究所提供。

1.2 试验方法

试验在南京农业大学玻璃温室内进行。种子经浸种催芽后播于装有石英砂的塑料盘中育苗, 保持昼温 20~30℃、夜温 13~18℃, 每天浇水保持基质湿润, 自然光照。幼苗第 1 片真叶展平后开始浇 1/2 剂量的 Hoagland 配方营养液, 3 叶 1 心时选生长整齐一致的幼苗定植于装有 1/2 剂量 Hoagland 营养液的栽培槽中, 用气泵间歇 (30 min/h) 通气培养, 每 4 d 换 1 次营养液。缓苗 4 d 后开始处理, 在营养液中添加分析纯 NaCl, 使各处理 NaCl 浓度分别达到 0 (CK)、25、50、75、100、150、200 mmol/L, EC 值分别为 1.48±0.10、4.05±0.12、6.75±0.15、9.35±0.13、11.80±0.16、16.65±0.22、21.52±0.25 mS/cm。完全随机排列, 重复 3 次。

处理后第 3、6、9 天调查幼苗的盐害指数和存活株

第一作者简介:韩志平(1976-), 男, 山西孟县人, 博士, 副教授, 研究方向为园艺植物逆境生理与分子生物学。E-mail: hanzhiping0215@163.com.

责任作者:郭世荣(1958-), 男, 山西平陆人, 教授, 博士生导师, 现主要从事蔬菜生理与设施园艺等研究工作。E-mail: srguo@njau.edu.cn.

基金项目:国家科技支撑资助项目(2013BAD20B05); 现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-25-C-03); 江苏省科技成果转化专项资金资助项目(BA2014147); 江苏省农业三新工程资助项目(SXGC[2013]331, SXGC[2014]256)。

收稿日期:2015-12-14

率,处理后第9天每重复随机取5株幼苗测量生长指标。200 mmol/L NaCl胁迫从处理后第3天开始陆续有幼苗死亡,到处理第9天已有一半以上幼苗死亡,故未测定生长指标。

1.3 项目测定

1.3.1 形态指标和生物量 用卷尺测量子叶节到生长点的长度为株高;用游标卡尺测量与子叶展开方向平行的子叶节的直径为茎粗;用卷尺测量根茎结合处到整株最长根根尖的长度为根长;以完全展开叶及叶长超过5 cm为标准调查单株叶片数;用直尺测量植株最大叶片(生长点以下第2或第3片完全展开叶)的长度和宽度分别为最大叶长和最大叶宽。植株用去离子水冲洗干净并吸干水分,从根茎结合处剪断分为地上部和根系,称得鲜质量;在烘箱中105℃下杀青15 min,而后降温到75℃下烘干到恒重,称得干质量。

1.3.2 盐害指数和存活株率 盐害指数参考刘文革^[14]方法计算,具体分级标准(0~5级)和代表级值为:0级(级值0),无盐伤害症状;1级(级值1),子叶叶缘焦枯变褐,其它部分完好;2级(级值3),子叶完全焦枯变褐,真叶完好;3级(级值5),有1~2片真叶叶缘焦枯变褐,心叶完好;4级(级值7),有2片以上真叶完全焦枯变褐,心叶萎蔫;5级(级值9),整个植株失水萎蔫、干枯,以至死亡。

表1 盐胁迫对西瓜幼苗形态指标的影响

Table 1 Effect of salinity on the morphological indicators of watermelon seedlings

品种	盐浓度	株高	茎粗	根长	叶片数	最大叶长	最大叶宽
Variety	Salt concentration/(mmol·L ⁻¹)	Plant height/cm	Stem diameter/mm	Root length/cm	Leaf number	Max leaf length/cm	Max leaf width/cm
“秀雅” ‘Xiuya’	0(CK)	12.25±0.34 ab	4.22±0.06 b	50.53±1.21 a	5.70±0.15 ab	7.51±0.16 b	7.45±0.18 b
	25	13.29±0.36 a	4.39±0.04 a	51.14±1.02 a	6.00±0.21 a	8.08±0.16 a	8.15±0.18 a
	50	12.75±0.40 ab	4.15±0.05 b	52.94±1.43 a	5.91±0.16 a	7.55±0.15 b	7.56±0.17 b
	75	12.15±0.25 b	4.12±0.05 b	50.55±1.63 a	5.55±0.16 bc	6.78±0.18 c	7.19±0.18 bc
	100	9.87±0.31 c	3.78±0.06 c	45.48±1.07 b	5.30±0.15 c	6.65±0.16 c	6.85±0.15 cd
“秀丽” ‘Xiuli’	150	5.12±0.47 d	3.54±0.04 d	26.75±2.50 c	4.43±0.21 d	5.88±0.15 d	6.32±0.26 d
	0(CK)	13.24±0.39 a	4.61±0.05 a	60.36±1.70 a	6.55±0.16 a	8.44±0.19 a	8.36±0.15 a
	25	12.22±0.44 ab	4.41±0.04 b	57.12±1.83 ab	6.18±0.12 ab	8.45±0.17 a	8.54±0.24 a
	50	11.66±0.43 b	4.29±0.05 b	53.87±1.92 bc	6.10±0.10 abc	7.62±0.23 b	7.40±0.27 b
	75	8.91±0.32 c	4.11±0.04 c	53.64±2.08 bc	5.91±0.16 bc	6.65±0.25 c	6.90±0.25 b
	100	7.64±0.39 d	3.89±0.05 d	47.94±1.85 c	5.70±0.15 c	5.89±0.12 d	5.76±0.16 c
	150	3.90±0.17 e	3.62±0.07 e	31.88±1.80 d	4.80±0.19 d	5.20±0.22 e	4.88±0.25 d

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异达到5%显著水平,以下同。

Note: The different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 5% level. The same as follows.

2.2 盐胁迫对西瓜幼苗生物量的影响

生物量是植物耐盐性的综合体现及对盐胁迫的综合反应。与形态指标的变化规律相似,由表2可以看出,“秀雅”地上部和根系的鲜质量和干质量也随NaCl胁迫浓度提高呈“升高-降低”的规律,鲜质量在25 mmol/L NaCl胁迫下达到最大值,干质量在50 mmol/L NaCl胁迫下达到最大值;75 mmol/L NaCl浓度以下,地上部和根系的鲜质量和干质量与CK均无显著差异;100 mmol/L NaCl胁迫下,干质量与CK仍无显著差异,鲜质量则显著低于CK;150 mmol/L NaCl胁迫下,鲜质量和干质量

盐害指数(%) = $\sum(\text{代表级值} \times \text{株数}) / (\text{最高级值} \times \text{总株数}) \times 100$; 存活株率(%) = $(\text{存活株数} / \text{总株数}) \times 100$ 。

1.4 数据分析

试验数据用SAS软件进行方差分析,Duncan's新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对西瓜幼苗形态指标的影响

由表1可以看出,“秀雅”幼苗各形态指标随NaCl胁迫浓度提高均呈“升高-降低”的规律,其中根长在50 mmol/L NaCl胁迫下达到最大值,其它形态指标均在25 mmol/L NaCl胁迫下达到最大值;且除最大叶长外,“秀雅”各形态指标在75 mmol/L NaCl胁迫以下均与CK无显著差异;100、150 mmol/L NaCl胁迫下,各形态指标则均显著小于CK。除25 mmol/L NaCl胁迫下株高、根长、叶片数、最大叶长和最大叶宽,及50 mmol/L NaCl胁迫下叶片数与CK无显著差异外,“秀丽”各形态指标均随NaCl胁迫浓度提高而显著降低。在75 mmol/L NaCl浓度以上,“秀雅”各形态指标随NaCl胁迫浓度提高的降低幅度明显小于“秀丽”。所测6个形态指标中,株高受盐胁迫的抑制程度最大,叶片数受盐胁迫的影响程度最小。

均显著低于CK。除25 mmol/L NaCl胁迫下地上部和根系的鲜质量和干质量,及50 mmol/L NaCl胁迫下根系干质量与CK无显著差异外,“秀丽”植株的鲜质量和干质量均随NaCl胁迫浓度提高而显著降低。75 mmol/L NaCl浓度以上,“秀雅”地上部和根系的鲜质量和干质量随NaCl胁迫浓度提高的降低幅度均明显小于“秀丽”。同时,高浓度NaCl胁迫下2个品种地上部鲜质量和干质量受盐胁迫的抑制程度明显大于根系,这与试验中观察到的地上部明显矮化变小而根系变化不太明显的现象相符合。

表 2

盐胁迫对西瓜幼苗生物量的影响

Table 2

Effect of salinity on the biomass of watermelon seedlings

品种	盐浓度	地上部鲜质量	根系鲜质量	整株鲜质量	地上部干质量	根系干质量	整株干质量
Variety	Salt concentration/(mmol·L ⁻¹)	Shoot fresh mass/g	Root fresh mass/g	Whole fresh mass/g	Shoot dry mass/g	Root dry mass/g	Whole dry mass/g
“秀雅” ‘Xiuya’	0(CK)	8.86±0.26 ab	3.21±0.07 ab	12.07±0.32 ab	0.820±0.017 ab	0.150±0.003 a	0.970±0.019 ab
	25	9.48±0.29 a	3.37±0.09 a	12.85±0.33 a	0.850±0.029 a	0.160±0.003 a	1.011±0.030 a
	50	8.94±0.29 ab	3.22±0.11 ab	12.15±0.37 ab	0.879±0.028 a	0.163±0.008 a	1.042±0.036 a
	75	8.34±0.23 b	3.01±0.10 bc	11.35±0.32 b	0.838±0.018 a	0.159±0.006 a	0.997±0.024 a
	100	6.66±0.20 c	2.77±0.10 c	9.43±0.28 c	0.752±0.026 b	0.154±0.005 a	0.907±0.030 b
“秀丽” ‘Xiuli’	150	3.89±0.13 d	1.58±0.12 d	5.47±0.25 d	0.520±0.033 c	0.097±0.005 b	0.617±0.037 c
	0(CK)	10.78±0.29 a	4.33±0.09 a	15.11±0.33 a	0.981±0.023 a	0.212±0.004 a	1.193±0.024 a
	25	9.94±0.32 ab	4.14±0.12 ab	14.08±0.33 ab	0.910±0.028 ab	0.204±0.003 a	1.114±0.030 ab
	50	9.40±0.42 b	3.90±0.09 b	13.29±0.49 b	0.884±0.043 bc	0.202±0.006 a	1.085±0.049 bc
	75	7.89±0.22 c	3.52±0.14 c	11.41±0.30 c	0.820±0.019 c	0.186±0.003 b	1.006±0.019 c
	100	6.30±0.17 d	2.96±0.11 d	9.26±0.26 d	0.722±0.018 d	0.158±0.004 c	0.879±0.022 d
	150	2.87±0.19 e	1.41±0.17 e	4.28±0.16 e	0.404±0.030 e	0.087±0.007 d	0.491±0.028 e

2.3 盐胁迫对西瓜幼苗盐害指数和存活株率的影响

2.3.1 对幼苗盐害指数的影响 图 1 显示,处理 3 d 后,2 个品种幼苗在 75 mmol/L NaCl 胁迫浓度以上均表现出盐害症状,且幼苗的盐害指数随胁迫时间的延长和胁迫浓度的提高而显著增大。同一时间、相同浓度 NaCl 胁迫下,“秀雅”幼苗的盐害指数明显小于“秀丽”,处理后

第 9 天,75、100、150、200 mmol/L NaCl 胁迫下,“秀丽”幼苗的盐害指数分别是“秀雅”幼苗的 1.50、1.22、1.11、1.11 倍。试验中还观察到,处理 6 d 后 150、200 mmol/L NaCl 胁迫下,西瓜幼苗子叶焦枯变褐,老叶叶尖、叶缘焦枯,心叶萎蔫,生长几乎停滞,特别是 200 mmol/L NaCl 胁迫下很多幼苗整株失水萎蔫,甚至干枯死亡。

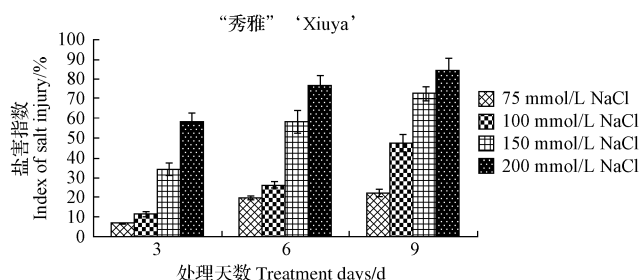


图 1 盐胁迫对西瓜幼苗盐害指数的影响

Fig. 1 Effect of salinity on the salt injury index of watermelon seedlings

2.3.2 对幼苗存活株率的影响 由图 2 可知,150 mmol/L NaCl 胁迫下,2 个品种幼苗在处理第 6 天开始出现死苗,200 mmol/L NaCl 胁迫下,2 个品种幼苗在处理第 3 天就开始出现死苗;且幼苗的存活株率随 NaCl 胁迫时间的延长和胁迫浓度的提高而显著降低。同一时间、相同浓度 NaCl 胁迫下,“秀雅”幼苗的存活株率明显大于“秀丽”,处理后第 9 天,150、200 mmol/L NaCl 胁迫

下,“秀丽”幼苗的死亡率分别达到了 45.10%、63.64%,而“秀雅”幼苗的死亡率仅分别为 25.87%、42.39%。

3 讨论与结论

植物在盐胁迫下,由于碳同化量减少、渗透调节能耗和维持生长能耗增加等原因,一般会使植株生长量和积累量减少^[15]。该试验中,在 50 mmol/L NaCl 浓度以下,“秀雅”幼苗各形态指标、生物量与 CK 基本一致、甚至显著高于 CK,说明低浓度 NaCl 可刺激“秀雅”幼苗生长,是其植株对盐胁迫的一种适应性反应;而“秀丽”幼苗各形态指标和生物量均有不同程度降低。75 mmol/L NaCl 浓度以上,2 个品种幼苗各形态指标和生物量均随 NaCl 浓度提高而迅速降低,说明植株生长受抑制程度随盐胁迫增强而加重。相同浓度 NaCl 下,“秀雅”幼苗形态指标和生物量降低的幅度明显低于“秀丽”,说明 2 个品种的耐盐性存在明显差异。同时,较高浓度 NaCl 胁迫下地上部鲜质量和干质量的降低幅度明显大于根系,说明盐胁迫对西瓜地上部生长的抑制作用大于对根系

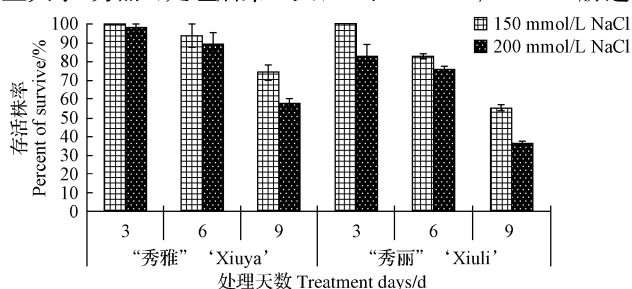


图 2 盐胁迫对西瓜幼苗存活株率的影响

Fig. 2 Effect of salinity on the survival percent of watermelon seedlings

生长的抑制,这与金春燕等^[16]对黄瓜、李顺等^[17]对樱桃番茄的研究结果一致。

高盐胁迫下,植物表现出明显的盐害症状,如植株矮小、子叶黄化、叶形变小、叶片枯焦变褐、植株萎蔫等,甚至整株生长停滞直至死亡^[18]。该研究中,75 mmol/L NaCl 浓度以上,西瓜幼苗在处理第 3 天开始出现盐害症状,且随 NaCl 浓度提高而盐害症状加剧,150 mmol/L NaCl 浓度以上则有幼苗开始死亡。试验结果还表明,西瓜幼苗的盐害指数随盐胁迫时间的延长和胁迫浓度的提高而显著增大,存活株率则随胁迫时间的延长和胁迫浓度的提高而显著降低;且同一时间相同浓度 NaCl 胁迫下,“秀丽”植株的盐害指数明显大于“秀雅”,存活株率则明显小于“秀雅”。“秀雅”在高浓度盐胁迫下植株生长降低幅度较小,盐害症状较轻而存活株率较高,说明其对盐胁迫的适应能力较强,表现出较高的耐盐性。

综上所述,小型西瓜幼苗在盐胁迫下,株高降低、茎粗缩小、叶片数减少、叶形变小、生物量降低,高浓度盐胁迫下植株盐害指数增加、存活株率下降,且耐盐性较弱的“秀丽”受盐胁迫的影响程度较大,受伤害较重。100 mmol/L NaCl 浓度以上,小型西瓜幼苗形态指标和生物量急剧下降;200 mmol/L NaCl 胁迫下,幼苗生长受到严重抑制,很多幼苗死亡,达到了小型西瓜幼苗生长的极限盐浓度。

参考文献

- [1] YILDIRIM E, KARLIDAG H, TURAN M. Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply[J]. Plant Soil Environment, 2009, 55(5): 213-221.
- [2] 王佳丽, 黄贤金, 钟大洋, 等. 盐碱地可持续利用研究综述[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 673-684.
- [3] 吕福堂, 司东霞. 日光温室土壤盐分积累及离子组成变化的研究[J]. 土壤, 2004, 36(2): 208-210.
- [4] 杨春霞, 张艳, 李彩虹, 等. 宁夏设施土壤盐分离子组成及含量变化特点[J]. 西北农业学报, 2014, 23(1): 201-206.
- [5] 陈晓亚, 汤章城. 植物生理与分子生物学 [M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 533-551.
- [6] MUNNS R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25: 239-250.
- [7] 李晓宇, 蔺吉祥, 李秀军, 等. 羊草苗期对盐碱胁迫的生长适应及 Na⁺、K⁺ 代谢响应[J]. 草业学报, 2013, 22(1): 201-209.
- [8] RAI S P, LUTHRA R, KUMAR S. Salt-tolerant mutants in glycophytic salinity response (GSR) genes in *Catharanthus roseus* [J]. Theory and Application of Genetics, 2003, 106(2): 221-230.
- [9] 陆晓民, 高青海. 油菜素内酯对硝酸钙胁迫下黄瓜幼苗生长及其抗氧化酶同工酶表达的影响[J]. 热带作物学报, 2011, 32(11): 2104-2108.
- [10] 束胜, 郭世荣, 孙锦, 等. 盐胁迫下植物光合作用的研究进展[J]. 中国蔬菜, 2012(18): 53-61.
- [11] COLLA G, ROUPAHEL Y, CARDARELLI M. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants[J]. Hort Science, 2006, 41(3): 622-627.
- [12] 朱士农, 郭世荣. 嫁接对盐胁迫下西瓜植株体内 Na⁺ 和 K⁺ 含量及其分布的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(6): 814-820.
- [13] YETISIR H, UYGUR U. Responses of grafted watermelon onto different gourd species to salinity stress[J]. Journal of Plant Nutrition, 2010, 33: 315-327.
- [14] 刘文革. 不同染色体倍性西瓜遗传变异和抗逆机理研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003: 57-75.
- [15] 罗庆云, 於丙军, 刘友良. 大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验[J]. 大豆科学, 2001, 20(3): 177-182.
- [16] 金春燕, 孙锦, 郭世荣. 外源亚精胺对 Ca(NO₃)₂ 胁迫下黄瓜幼苗生长和活性氧代谢的影响[J]. 西北植物学报, 2010, 30(8): 1627-1633.
- [17] 李顺, 龙娟, 徐慧妮. 樱桃番茄幼苗对硝酸盐胁迫的生长和生理响应[J]. 西北植物学报, 2014, 34(2): 332-340.
- [18] PARIDA A K, DAS A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60(3): 324-349.

Effect of Salinity on the Growth of Mini-watermelon Seedlings

HAN Zhiping^{1,2}, GUO Shirong¹, WANG Qichuan¹

(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Southern Vegetable Crop Genetic Improvement, Ministry of Agriculture, Nanjing, Jiangsu 210095; 2. College of Life Science, Shanxi Datong University, Datong, Shanxi 037009)

Abstract: Different mini-watermelon varieties of ‘Xiuya’ and ‘Xiuli’ were used as materials, two mini-watermelon cultivars differing in salt tolerance were conducted to study the effect of different concentration of NaCl stress on the growth of mini-watermelon seedlings in hydroponically. The results showed that NaCl treatments below 50 mmol/L didn’t apparently influence the growth of ‘Xiuya’ seedlings, its growth was significantly inhibited above 75 mmol/L; with increasing NaCl concentration, the growth of ‘Xiuli’ seedlings was significantly reduced. With increasing NaCl concentration and prolonging stress time, salt injury index was clearly increased, and survival percent was dramatically decreased under NaCl stress above 75 mmol/L. The research revealed that NaCl stress significantly inhibited the growth of mini-watermelon seedlings, but the response of two cultivars to salinity was different, the range of growth reduction of ‘Xiuya’ seedlings was less, salt injury index was lower and survival percent was higher than ‘Xiuli’ under salinity, i. e. the acclimation of ‘Xiuya’ to salinity was better than ‘Xiuli’.

Keywords: mini-watermelon; salinity; seedling growth; salt injury index