



不同盐胁迫时间对南瓜苗期生长的影响

张慧波^{1,2}, 邢乃林¹, 王迎儿¹, 应泉盛¹, 黄芸萍¹, 王毓洪¹

(1. 宁波市农业科学研究院, 浙江 宁波 315040; 2. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江 杭州 311300)

摘要: 为了进一步研究南瓜苗期耐盐机理, 以 2 份耐盐性存在明显差异的南瓜自交系为材料, 研究在 240 mmol·L⁻¹ NaCl 胁迫下随处理时间的延长, 南瓜幼苗株高、茎粗、叶绿素含量、地上部和地下部鲜重的动态变化。结果表明: 对照的株高、茎粗、地上鲜重、地下鲜重随时间的延长上升, 叶绿素含量随时间延长而下降; 处理的叶绿素含量、地上鲜重、地下鲜重随时间延长而降低, 茎粗随时间延长略有上升, 株高随时间变化幅度小。受到胁迫后, 地上鲜重受到影响最大, 真叶绿素变化量最小。地上鲜重与株高、茎粗变化量之间极显著相关。

关键词: 南瓜; 盐胁迫; 处理时间; 变化趋势

盐胁迫是最严重的非生物胁迫之一, 过高的盐分影响植物生长发育甚至导致死亡^[1]。目前, 我国约有盐碱地 0.27 亿 hm²^[2], 且面积仍在不断扩大, 严重制约了我国现代农业发展。以经济、环保的方式改良这些拥有巨大潜力的盐碱地, 对农村经济可持续发展有着重要意义。目前常用的改良方式有, 灌水洗盐、撒施石灰、种植耐盐碱作物等。种植耐盐作物改良盐碱地成本低, 盐碱地利用率高, 是一种既经济又切实可行的方式^[3]。

南瓜属葫芦科南瓜属, 一年生蔓生草本植物^[4]。原产墨西哥到中美洲一带, 世界各地普遍栽培, 基因资源丰富^[5]。南瓜是浙江省比较重要的蔬菜作物, 年种植面积稳定在 1.3 万 hm²^[6], 净收益在 15 000 元·hm⁻² 以上。南瓜根系发达, 植株长势旺盛, 抗病能力强, 能在瘠薄的土壤中正常生长发育, 适应性强, 是一种良好的盐碱改良作物。

目前对植物耐盐机理已有了初步研究, 植物主要通过拒 Na⁺ 机制、细胞质溶质积累、选择性吸收及运输、增加自由基清除系统的方式来减少盐对植物的盐害^[7-8]。南瓜幼苗在受到盐胁迫之后, 其形态与生理指标均发生变化。在盐胁迫下,

南瓜苗出现相应的盐害症状, 发生萎蔫甚至枯死状况^[9], 南瓜根部吸水受到抑制, 水分供应减少使植物下胚轴、叶片等部位受到抑制, 植物鲜重及干物质积累降低^[10]。通过测定南瓜幼苗不同生理指标发现, 南瓜幼苗叶片电解质渗透率升高, 脯氨酸含量及可溶性糖含量增加^[11]。同时 POD, SOD 含量均有所增加^[12]。目前对南瓜耐盐机理的研究已有许多结果被发表, 但由于南瓜耐盐机制受多个基因控制, 加上外界环境的复杂性, 仍有许多问题需要深入研究。盐胁迫对植物是持续性的伤害^[13], 因此研究不同盐胁迫时间下南瓜生长发育的动态变化对南瓜耐盐机理研究具有重要意义。

本研究通过对两种耐盐性存在显著差异的南瓜材料进行盐胁迫处理, 分析了株高、茎粗、子叶叶绿素、真叶叶绿素、地上鲜重、地下鲜重性状在盐胁迫下不同时间的动态变化, 为南瓜耐盐机理研究及品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选用南瓜耐盐自交系 P74, 不耐盐自交系 P71 作为材料。南瓜种子由宁波市农业科学研究院提供。

1.2 方法

1.2.1 催芽浸种 选用健康饱满的南瓜种子, 冲洗干净后放入 55 ℃ 清水中温汤浸种 6 h。用消毒过的湿毛巾包裹放入 28 ℃ 恒温箱中催芽。种子露白后即可播种。播种选用 32 孔穴盘。

1.2.2 试验设计 试验于 2017 年在宁波市高新

收稿日期: 2018-02-23

基金项目: 宁波市瓜类砧木育种创新团队资助项目(2014 B81002); 国家现代农业产业技术体系建设专项资助项目(CARS-26-30)。

第一作者简介: 张慧波(1993-), 女, 在读硕士, 从事瓜类砧木分子育种研究。E-mail: nickyzhb@163.com。

通讯作者: 王毓洪(1968-), 男, 硕士, 研究员, 从事瓜类育种及栽培研究。E-mail: yhwangsc@163.com。

农业技术实验园区育苗室进行,南瓜幼苗一叶一心期开始处理。4月5日进行第1次盐处理,共处理6次。用 $240\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl浸泡,对照用清水浸泡。其中4组材料分别在处理第7、9、11、13天(即4月11、13、15、17日)进行性状调查。另两组材料在第13天后停止处理,停止处理后的第6、8天(即4月22和24日)调查性状。每份材料每个处理及对照均为3次重复,每次重复5株。

1.2.3 性状调查 调查性状包括株高(cm)、茎粗(mm)、子叶叶绿素(%)、真叶叶绿素(%)、地上部鲜重(g)、地下部鲜重(g)。株高为土表到叶片顶端的长度,采用直尺测量。茎粗为下胚轴中部直径,采用游标卡尺进行测量。地上和地下部鲜重分别为土表以上和以下部位的鲜重,采用天平进行测量。叶绿素测量第一片真叶数值,叶绿素含量使用SPAD-502叶绿素含量测定仪测量。

其中

$$\text{变化量}(\%) = \frac{\text{处理} - \text{对照}}{\text{对照}} \times 100$$

1.2.4 数据分析 采用Excel 2007和SPSS 22.0进行数据整理及分析。

2 结果与分析

2.1 不同盐胁迫处理时间对南瓜苗期性状的影响

2.1.1 株高 对于株高而言,不论对照还是处理,2份材料不同处理时间之间总体差异显著(图1)。表明随着处理时间的延长,株高受到的盐胁迫为持续性的,且变化量逐步增大。不同处理时间,对照的株高表现均高于处理。对照的株高随时间延长逐渐升高,而处理的株高则表现为一定的波动,但整体表现出随着盐胁迫处理时间延长,株高降低的趋势。

2.1.2 茎粗 不同的处理时间之间,对照的茎粗差异显著,而处理的茎粗差异不显著(图1)。随时间的延长,茎粗总体上持续上升,且对照高于处理。相对于对照的变化量,处理材料均表现为先增加,停止处理后先减少再增加,但不同处理间变化量差异较大。

2.1.3 子叶相对叶绿素含量 随生长时间延长,子叶相对叶绿素含量总体表现为逐步降低的趋势(图1)。而盐处理后,随着时间延长,表现为先

升高后降低,且处理材料的子叶相对叶绿素含量高于对照。停止处理后,对照表现为显著下降。

2.1.4 真叶相对叶绿素含量 表现同子叶相对叶绿素含量相同,处理材料高于对照(图1)。随着生长时间延长,总体相对叶绿素含量表现为降低的趋势。停止处理后,真叶相对叶绿素含量显著下降。处理材料相对于对照的变化量,在前4次处理中为先上升,后下降,第2次达到最大。

2.1.5 地上和地下鲜重 在不同处理时期对照的表现均高于处理(图1)。对照材料随时间延长,总体表现为上升趋势。处理材料除第2次处理时有较大降低外,变化均不显著,且在处理停止后有微弱的上升,然后下降。对于地下部鲜重,对照材料总体表现为上升趋势,而处理材料总体表现为下降趋势。

综上所述,除相对叶绿素含量外,对照的株高、茎粗、地上鲜重、地下鲜重均随时间的延长上升。处理的叶绿素含量、地上鲜重、地下鲜重随时间延长而降低,茎粗随时间延长略有上升,株高随时间变化幅度小。受到胁迫后,地上鲜重受到影响最大,其后依次为地下部鲜重、株高、子叶相对叶绿素含量、茎粗、真叶相对叶绿素含量。

2.2 不同耐盐性南瓜材料在盐胁迫下的表现

在前两次处理中株高差异小,第3次处理中P71增加减缓,2份材料出现差别且随时间延长而加大(图1)。但处理中两个材料之间差异不大。P71处理株高随时间先增加后降低最后增加,P74先增加,在停止处理后达到最大,然后降低。处理前期,P71受胁迫影响明显。

P71对照在停止处理后茎粗下降较快(图1)。同株高一样,P71在处理前期变化较P74明显。且处理后P71表现为较大波动,P74则表现为持续增加。P71在第4次处理后减少量达到最大,为33.07%,P74茎粗最大出现在第6次处理后,为34.31%。

对于子叶相对叶绿素含量,P71表现为剧烈的升降,而P74则表现为较小的上升和下降,总体变化迟缓于P71(图1)。停止处理后,处理的P71表现为显著下降,而处理的P74则变化不显著。同样可以发现,P71受盐处理后,子叶相对叶绿素含量的变化量高于P74。其中P71和P74的增加量均在第2次处理后达到最大,分别为

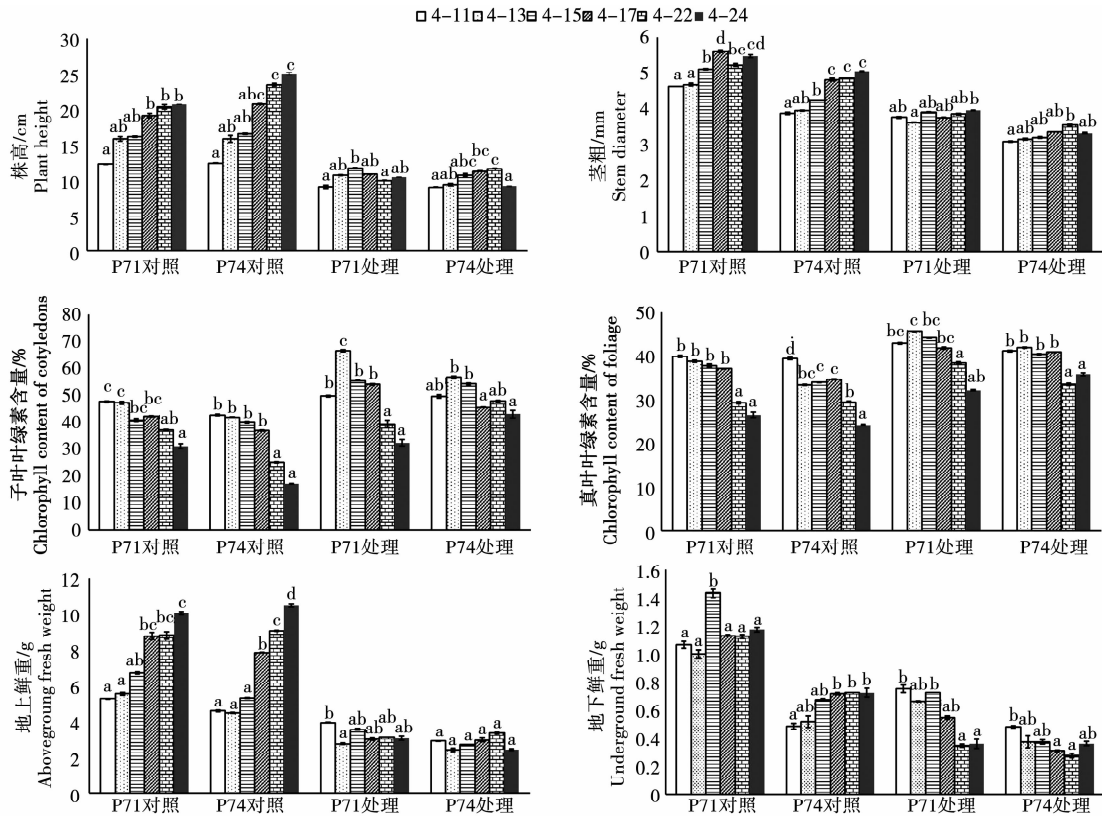
40.90%和 35.51%。但 P74 在停止处理后,其增加量有所上升。表明 P74 对盐胁迫相对不敏感。

对于真叶相对叶绿素含量,停止处理后,P74 对照在第 2 次处理后显著降低,然后缓慢上升,停止处理后逐步下降(图 1),P71 对照则表现为持续的下降。P74 处理在不同的处理时间中表现为波动,但变化不显著,停止处理后急剧下降,然后上升。P71 处理则表现为较大的上升和下降。

随着处理时间延长,2 份材料的地上部鲜重

间差异不大,相对于对照材料的变化量均表现为上升趋势,两份处理材料变化量间的差异不大。

对于地下部鲜重,对照材料中 P74 总体上升幅度大于 P71。对照和处理的 P71 在不同的处理时间中均高于 P74。相对于对照材料,第 1 次处理后,P74 地下部鲜重变化幅度小,第 2 次处理后降低量有所增加,降低量从 1.25% 升高至 27.68%,停止处理后达到最大,然后降低。P71 地下部鲜重变化量总体上大于 P74。



同一处理不同字母表示在5%水平下差异显著。
Different letters in one treatment indicate the significant difference at the 0.05 level.

图 1 各处理随时间变化

Fig. 1 Performance of each treatment

2.3 不同盐胁迫处理条件下南瓜苗期性状的相关性分析

为了分析对盐敏感性不同的材料之间不同的性状对于盐胁迫的影响程度之间的关系,利用不同处理时间不同性状处理的表现对对照的表现的变化量,分别对 2 份材料各性状间的变化量进行相关性分析(表 1)。结果表明,不同材料之间相关性有所不同。其中 2 份材料的株高与茎粗及地上和地下部鲜重之间,茎粗与地上及地下部鲜重之间,地上部与地下部鲜重之间均达到极

显著的正相关。株高与真叶叶绿素含量之间,真叶叶绿素含量与地上部鲜重之间均达到极显著的负相关。而 P74 的株高与子叶叶绿素含量之间,茎粗与子叶和真叶叶绿素含量之间,子叶叶绿素含量与真叶叶绿素含量和地上部鲜重之间表现为极显著的正相关或负相关,P71 中则未检测到显著的相关性。P71 的真叶叶绿素含量与地下部鲜重之间表现为极显著的负相关,P74 中则未检测到。

表 1 处理后各性状变化程度相关性
Table 1 Correlation of each variation under stress

<div><div>P74</div><div>P71</div></div>	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	子叶叶绿素/% Chlorophyll content of cotyledons	真叶叶绿素/% Chlorophyll content of foliage	地上鲜重/g Aboveground fresh weight	地下鲜重/g Underground fresh weight
株高 Plant height		0.84**	−0.88**	−0.82**	0.95**	0.67**
茎粗 Stem diameter	0.65**		−0.73**	−0.68**	0.95**	0.70**
子叶叶绿素/% Chlorophyll content of cotyledons	0.47	−0.11		0.77**	−0.83**	−0.43
真叶叶绿素/% Chlorophyll content of foliage	−0.67**	−0.25	−0.19		−0.75**	−0.37
地上鲜重/g Aboveground fresh weight	0.84**	0.84**	0.01	−0.64**		0.77**
地下鲜重/g Underground fresh weight	0.83**	0.59**	0.36	−0.79**	0.84**	

** 和 * 分别代表在置信度(双测)为 0.01 和 0.05 时相关显著;左下角为 P71 各性状变化量之间的相关性,右上角为 P74 各性状变化量之间的相关性。
** and * indicate significant correlation at 0.01 and 0.05 respectively; The left bottom is the correlation of P71 and the top right is the P74.

3 讨论与结论

研究表明,作物幼苗期对环境最敏感,是研究盐胁迫随植物生长发育影响的最佳时期^[14]。盐胁迫对植物生长发育的影响与多个因素有关,除植株本身耐盐性之外,还与盐胁迫浓度、胁迫时间等有关,目前在这方面的研究多集中在胁迫浓度方面,与盐胁迫时间相关的研究较少。

大量研究表明,盐胁迫会抑制植物的生长发育^[15]。本试验同样表明,受到胁迫的南瓜植株,各个性状均受到一定抑制。与对照相比,除叶绿素含量外,处理材料各个性状都降低。其中地上鲜重较对照降低最多,为 76.99%,茎粗变化量最低,为 33.07%。叶绿素含量较对照增加,与邢乃林等^[16]在南瓜中试验结果一致。在停止处理后出现的 P74 子叶叶绿素变化量剧烈增加的现象,推测是在试验后期,P74 对照材料长势过大,子叶被遮挡,对照材料子叶叶绿素含量下降所致。本研究中,P74 对照的株高高于 P71。在盐处理后,两份材料株高均有降低,盐处理后植株矮化现象在水稻等作物中均有出现^[17],在此次试验中 P74 处理后株高反而低于 P71,与汤菊香等^[18]在中国南瓜、福瓜、西洋南瓜中的研究结果有差异。P74

的矮化程度高是否是对盐胁迫的一种适应还需要深入研究。

胁迫前期,P71 处理各个性状变化程度均高于 P74,子叶叶绿素含量上升最快,地上鲜重减少,真叶叶绿素含量增加。胁迫后期,P71 处理地下鲜重有明显下降趋势。P74 处理总体上各个性状变化程度差别不大,稳定性高于 P71,仅真叶叶绿素在停止处理后变化剧烈。两份材料株高差异较小。说明 P71 子叶叶绿素对盐胁迫最敏感,前期即有明显表现。在停止处理后,子叶叶绿素、地上鲜重、地下鲜重均表现出与处理时不同的性状。根据本次试验中不同性状表现出的敏感性,若以叶绿素含量、茎粗、地上鲜重变化程度为依据来判别植物耐盐性,则在较短处理时间内即可筛选出耐盐材料;以地下鲜重变化程度为依据,则处理时间应适当延长;由于两份材料间株高差别不大,单以株高变化程度作为依据可能难以筛选出所需材料;单以各个性状最终表现为依据,停止处理几天后调查结果更加可靠。2 份材料受到胁迫的植株各性状变化程度之间的相关性存在一定差异。可结合不同处理时间各性状的变化趋势异同及变化程度大小差异来指导南瓜耐盐性鉴定方法的

选择。

目前南瓜耐盐试验多研究不同浓度对南瓜幼苗的影响,忽略了南瓜幼苗随胁迫时间的延长的动态变化以及南瓜不同部位对盐胁迫敏感性的差异。本次试验通过调查南瓜幼苗生长随胁迫时间延长的变化,明确了南瓜各个性状随时间变化的趋势,区分了利用不同性状筛选南瓜材料所需处理时间长短,同时分析了不同性状变化量之间的相关性,为南瓜耐盐机理和南瓜耐盐材料筛选提供一定参考。

参考文献:

[1] 胡灵芝,胡江琴,王利琳,等. 植物对盐胁迫的响应、调控和适应机理[J]. 湖北农业科学,2015,54(1):1-7.

[2] 王胡军,李纯,钟香梅,等. 盐碱地改良技术研究进展[J]. 农业工程,2014,10(4):44-47.

[3] 赵宣,韩霖昌,王欢元,等. 盐渍土改良技术研究进展[J]. 中国农学通报,2016,32(8):113-116.

[4] 周俊国. 中国南瓜(*Cucurbita moschata* Duch.)资源耐盐砧木筛选及生理特性研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.

[5] 林德佩. 南瓜植物的起源和分类[J]. 中国西瓜甜瓜,2000(1):36-38.

[6] 陈建瑛. 浙江省南瓜生产情况及潜力品种介绍[J]. 长江蔬菜,2010(9):5-7.

[7] Sunkar D. Drought and salt tolerance in plants[J]. Critical Reviews in Plant Sciences,2005,24(1):23-58.

[8] 王宝山,赵可夫,邹琦,等. 作物耐盐机理研究进展及提高作物抗盐性的对策[J]. 植物学通报,1997,14(S):25-30.

[9] 赵利. 南瓜幼苗对盐胁迫的生理反应及适应性研究[D]. 保定:河北农业大学,2006.

[10] Lei B, Huang Y. Increased cucumber salt tolerance by grafting on pumpkin rootstock and after application of calcium[J]. Biologiaplantarum,2014,58 (1):179-184.

[11] 李卫欣,陈贵林,赵利,等. NaCl 胁迫下不同南瓜幼苗耐盐性研究[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(2):192-196.

[12] 李娅娜. 不同砧木的耐盐性差异及其对黄瓜幼苗耐盐性的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2006.

[13] Herralde F D, Biel C, Save(四声) R, et al. Effect of water and salt stresses on the growth, gas exchange and water relations in *Argyranthemum coronopifolium* plants[J]. Plant Science,1998,139: 9-17.

[14] 彭金光,孙玉宏,周漠冰,等. 不同西瓜砧木幼苗期耐盐力评价研究[J]. 长江蔬菜,2010(8):63-65.

[15] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant, Cell and Environment,2002,25:239-250.

[16] 邢乃林,张蕾琛,等. 不同浓度盐胁迫对南瓜幼苗的影响[J]. 浙江农业科学,2016,57(7):1078-1081.

[17] 付华,张启星,曹桂兰,等. 盐胁迫下不同来源梗稻选育品种的主要农艺性状鉴定分析[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(1):42-51.

[18] 汤菊香,李新峥,李广领,等. 不同品种南瓜幼苗生长耐盐性的研究[J]. 安徽农业科学,2005,33(10):1802-1839.

Effects of Different Salt Stress Time on Growth of Pumpkin Seedlings

ZHANG Hui-bo^{1,2}, XING Nai-lin¹, WANG Ying-er¹, YING Quan-sheng¹, HUANG Yun-ping¹, WANG Yu-hong¹

(1. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China; 2. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: In order to further study the salt tolerance mechanism of pumpkin at the seedling stage, we took two pumpkins treated with 240 mmol·L⁻¹ NaCl for different times, the growth trend of plant height, stem diameter, chlorophyll content, aboveground fresh weight, underground fresh weight and their variations were analyzed. The results showed that plant height, stem diameter, aboveground fresh weight, underground fresh weight of CK rose over time, and chlorophyll content decreased; while chlorophyll content, aboveground fresh weight and underground fresh weight of treatment decreased; stem diameter rose slightly, and plant height was almost invariant. Under salt stress, aboveground fresh weight had the largest variation between CK and treatment, and true leaf chlorophyll content had the least variation. There were significant correlation among the variation of aboveground fresh weight, plant height and stem diameter.

Keywords: pumpkin; salt stress; treating time; growing trend