

## NaCl 胁迫对中国杂交南瓜和黑籽南瓜幼苗生长的影响

周俊国<sup>1,2</sup>, 朱月林<sup>1\*</sup>, 刘正鲁<sup>1</sup>, 王建国<sup>1</sup>

(1. 南京农业大学园艺学院, 南京 210095; 2. 河南科技学院园艺系, 新乡 453003)

**摘要:** 在组织培养条件下, 对中国南瓜杂交种和黑籽南瓜的幼苗分别进行不同 NaCl 浓度 (0、40、80、120、160、200、240 mmol/L) 胁迫处理, 10 d 后调查不同处理单株幼苗的下胚轴长度、鲜质量、干质量和盐害程度。结果表明, 360-3×112-2 杂交种和黑籽南瓜在幼苗期存在明显的耐盐性差异, 360-3×112-2 杂交种耐盐性比黑籽南瓜强, 360-3×112-2 的最高耐盐浓度是 160 mmol/L, 黑籽南瓜的最高耐盐浓度是 120 mmol/L, 其耐盐性具有较大的利用价值。

**关键词:** 组培; 中国南瓜; 黑籽南瓜; 幼苗; 耐盐性

**中图分类号:** Q945.78

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2007)7-0202-04

周俊国, 朱月林, 刘正鲁, 等. NaCl 胁迫对中国杂交南瓜和黑籽南瓜幼苗生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 202-205.

Zhou Junguo, Zhu Yuelin, Liu Zhenglu, et al. Effects of NaCl stress on plant growth of pumpkin hybrid and figleaf gourd seedlings[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(7): 202-205. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

蔬菜保护地栽培中土壤次生盐渍化, 使蔬菜产量、品质逐年下降, 已成为影响蔬菜保护地栽培的制约因素<sup>[1]</sup>。瓜类和茄科类蔬菜实施嫁接栽培是克服保护地土壤次生盐渍化的一项有效措施<sup>[2]</sup>, 通过嫁接换根可显著提高植株的耐盐性<sup>[3-5]</sup>。黄瓜是蔬菜保护地栽培的主要种类之一, 中国主要以云南黑籽南瓜 (*Cucurbita ficifolia* Bouche.) 做砧木, 但黑籽南瓜存在发芽率低、发芽不整齐、耐盐性不强等问题。中国南瓜 (*Cucurbita moschata* Duch.) 在中国分布范围广, 资源丰富, 适应性强, 加强中国南瓜资源的利用并从中挖掘耐盐的种质材料有重要意义。有关中国南瓜耐盐性的研究已有报道<sup>[6-9]</sup>, 主要集中于对现有瓜类砧木耐盐性的评价。本研究以选育出的耐盐性较强的中国南瓜杂交种为试验材料, 在组培条件下和黑籽南瓜比较不同 NaCl 浓度处理对其幼苗生长的影响, 以确定其耐盐性的强弱, 为进一步确定筛选出的中国南瓜杂交种在生产中作为瓜类耐盐砧木的利用价值奠定基础。

## 1 材料与方法

## 1.1 材料

自 2000 年开始, 河南科技学院南瓜研究组在全国收集了 900 余份中国南瓜农家品种资源, 经过 5 年的自交纯化, 部分资源的性状已基本纯化。2005 年选取纯化程度高, 综合性状优良的 40 个自交系配组杂交, 获得 69 份杂交种。2005 年至 2006 年, 在组培条件下对 69 份杂交种进行耐盐性筛选, 结果 360-3×112-2 杂交种耐盐性最强 (研究结果另文发表)。本试验选取选育出的 360-3×112-2 杂交种为试验材料, 黑籽南瓜为对照材料。黑籽南瓜种子由云南农作资源开发研究所提供。

## 1.2 研究方法

## 1) 种子催芽

每份供试材料精选 200 粒种子, 小心剥去种壳, 用 75% 乙醇表面消毒 30 s 后, 用 0.1% HgCl<sub>2</sub> 消毒 10 min, 无菌水漂洗 5 次, 接种于无菌的、内垫 2 层滤纸的直径为 12 cm 培养皿中, 添加 3~5 mL 无菌水, 封口膜封口, 在黑暗、恒温 (27±1) °C 条件下催芽, 直至胚根长度为 5~10 mm。

## 2) 不同浓度的 NaCl 胁迫处理

将 2 份材料的发芽种子在无菌条件下分别接种在附加 NaCl 浓度为 0、40、80、120、160、200、240 mmol/L 的 MS 培养基上, 培养容器采用直径 6 cm、高 12 cm、体积 300 mL 圆柱形玻璃瓶, 用专用聚乙烯塑料盖封口。每份材料同一 NaCl 浓度处理接种 36 粒发芽种子, 每瓶接种 4 粒, 每个试验材料同一浓度共接种 9 瓶, 7 个浓度处理共接种 63 瓶, 在培养架上作 3 次重复, 随机区

收稿日期: 2006-10-25 修订日期: 2007-03-17

基金项目: 江苏省科技厅资助项目 (BC2003306)

作者简介: 周俊国 (1967-), 男, 河南省内乡县人, 副教授, 博士研究生, 主要从事园艺植物育种和蔬菜栽培生理研究。新乡 河南科技学院园艺系, 453003。Email: junguo1020@163.com

\*通讯作者: 朱月林 (1963-), 男, 江苏省吴江县人, 教授, 博士生导师, 研究方向为蔬菜栽培生理和生物技术。南京 南京农业大学园艺学院, 210095。Email: ylzhu@njau.edu.cn

组排列。培养室温度为 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,光照时间 12 h/d,光照度  $56\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。接种后 10 d,调查幼苗的生长状况。

### 1.3 幼苗下胚轴伸长长度、鲜质量和干质量的测定

从培养瓶中带根取出幼苗,用水冲洗掉粘附在根部的培养基,用吸水纸吸去水分,用直尺测量同一重复的幼苗下胚轴伸长长度,计算单株幼苗下胚轴平均伸长长度。在感量为 0.001 g 的电子天平上称取幼苗鲜质量,计算单株幼苗的平均鲜质量,然后将幼苗放入烘箱中  $105^{\circ}\text{C}$  下杀青 15 min,再在  $75^{\circ}\text{C}$  下烘 36 h 至恒重。在感量为 0.1 mg 的电子天平上称量干质量,计算单株幼苗的平均干质量。

根据不同浓度 NaCl 胁迫后幼苗的下胚轴伸长长度、鲜质量和干质量,分别计算不同浓度 NaCl 胁迫后杂交种幼苗下胚轴伸长长度、鲜质量和干质量的生长抑制率。

生长抑制率( $\%$ )=(未受盐胁迫的生物量平均值-不同浓度 NaCl 处理的生物量平均值)/(未受盐胁迫的生物量平均值-生长完全抑制的生物量平均值) $\times 100\%$

### 1.4 盐害调查以及盐胁迫指数的计算

NaCl 胁迫 10 d 后按单株调查幼苗盐害级别。按单株幼苗受害程度和生成侧根数目的多少将幼苗的盐害程度分成 0~4 级,分级标准参考张云起<sup>[1]</sup>的方法并稍

做修改。0 级:正常生长;1 级:幼苗生长稍受抑制,侧根数目在 6 条以上;2 级:幼苗生长受到抑制,侧根数目 3~6 条;3 级:幼苗生长受到严重抑制,侧根数目只有 1~2 条;4 级:幼苗没有表现出明显生长,无侧根。

根据所调查的盐害级别,分别计算各个重复不同 NaCl 浓度胁迫下幼苗的盐胁迫指数(salt stress index, SSI)。

$$\text{盐胁迫指数 (SSI)} = \frac{\sum[(\text{代表级值} \times \text{株数})/(\text{最高级值} \times \text{总株数})]}{\times 100}$$

### 1.5 统计分析

采用 Microsoft Office Excel 2003 软件对数据做预处理,采用 SPSS 10.0 软件进行单因素方差分析,并对平均数作 Duncan's 新复极差法多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 NaCl 胁迫对中国南瓜杂交种和黑籽南瓜幼苗生长的影响

由表 1 可知,在未受 NaCl 胁迫时,中国南瓜杂交种 360-3 $\times$ 112-2 和黑籽南瓜幼苗在 MS 培养基上均能正常生长,培养 10 d,子叶和第 1 真叶正常展开。随着 NaCl 浓度的升高,360-3 $\times$ 112-2 杂交种和黑籽南瓜幼苗的下胚轴伸长长度逐渐减少,单株鲜质量和干质量逐渐减小,生长受到抑制。但中国南瓜和黑籽南瓜幼苗的生长指标在不同 NaCl 浓度胁迫下抑制程度不相同。

表 1 不同 NaCl 浓度处理对中国南瓜杂交种和黑籽南瓜幼苗下胚轴长度、鲜质量和干质量的影响

Table 1 Effects of NaCl stress on hypocotyls length, fresh weight and dry weight of seedlings of pumpkin hybrids and figleaf gourd

试验材料	NaCl 浓度 / $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	下胚轴长度		鲜质量		干质量	
		平均值/cm	抑制率/ $\%$	平均值/g	抑制率/ $\%$	平均值/mg	抑制率/ $\%$
360-3 $\times$ 112-2	0	10.44 $\pm$ 0.62a	0	3.29 $\pm$ 0.33a	0	189.5 $\pm$ 9.0a	0
	40	7.91 $\pm$ 0.37b	24.23	2.97 $\pm$ 0.21a	10.36	189.4 $\pm$ 6.7a	0.12
	80	6.02 $\pm$ 0.21bc	42.34	2.29 $\pm$ 0.08b	32.36	176.1 $\pm$ 4.2b	16.46
	120	4.63 $\pm$ 0.19c	55.65	1.49 $\pm$ 0.04c	58.25	145.2 $\pm$ 5.3c	54.42
	160	1.92 $\pm$ 0.07d	81.61	0.36 $\pm$ 0.01d	94.82	115.6 $\pm$ 8.4d	90.79
	200	0.74 $\pm$ 0.12e	92.91	0.28 $\pm$ 0.01d	97.41	108.5 $\pm$ 2.6e	99.51
	240	0.42 $\pm$ 0.09e	96.00	0.22 $\pm$ 0.01d	99.35	108.3 $\pm$ 2.4e	99.75
黑籽南瓜	0	8.59 $\pm$ 0.54a	0	4.38 $\pm$ 0.55a	0	254.0 $\pm$ 12.4a	0
	40	4.38 $\pm$ 0.32b	49.01	3.11 $\pm$ 0.53b	30.53	208.2 $\pm$ 22.0b	30.05
	80	2.75 $\pm$ 0.27c	67.99	2.04 $\pm$ 0.46c	56.25	160.8 $\pm$ 16.4c	61.15
	120	2.06 $\pm$ 0.31c	76.02	1.04 $\pm$ 0.52d	80.29	128.3 $\pm$ 11.5d	82.48
	160	0.62 $\pm$ 0.15d	92.78	0.47 $\pm$ 0.29e	93.99	122.2 $\pm$ 9.4d	86.48
	200	0.38 $\pm$ 0.16de	95.58	0.38 $\pm$ 0.18e	96.15	120.1 $\pm$ 5.6d	87.86
	240	0e	100	0.22 $\pm$ 0.20e	100	101.6 $\pm$ 4.4e	100

注:同列数值不同字母表示相同材料不同处理间差异达 5%显著水平(means $\pm$ SD, n=3)。

通过对不同 NaCl 浓度处理下的 360-3 $\times$ 112-2 杂交种和黑籽南瓜幼苗生长指标进行相关性分析,发现幼苗的下胚轴长度、鲜质量和干质量 3 个生长指标间的相

关程度均达极显著水平(相关系数均在 0.95 以上),说明 NaCl 胁迫对两种材料幼苗的各生长指标产生了一致的抑制作用。将 3 个生长指标的生长抑制率分成 0~

25%、25%~50%、50%~75%和75%~100% 4个等级,分别代表弱抑制、中度抑制、强抑制和严重抑制,其中严重抑制等级的NaCl浓度是幼苗的最高耐盐浓度。从表1可看出,在40 mmol/L NaCl浓度胁迫下,360-3×112-2杂交种幼苗受到了弱抑制,而黑籽南瓜幼苗在此低浓度胁迫下已达中度抑制;在80 mmol/L NaCl浓度胁迫下,360-3×112-2杂交种幼苗的下胚轴长度和鲜质量呈现中度抑制,干质量呈现弱抑制,而黑籽南瓜幼苗受到了强抑制;在120 mmol/L NaCl浓度胁迫下,360-3×112-2杂交种幼苗受到了强抑制,而黑籽南瓜幼苗已受到严重抑制;在160、200、240 mmol/L NaCl浓度的胁迫下,360-3×112-2杂交种和黑籽南瓜幼苗均受到了严重抑制,但360-3×112-2杂交种幼苗的下胚轴长度抑制率还是低于黑籽南瓜幼苗。从以上的分析结果可以得出,360-3×112-2杂交种幼苗的耐盐性比黑籽南瓜幼苗强,360-3×112-2杂交种的最高耐盐浓度是160 mmol/L NaCl,而黑籽南瓜幼苗的最高耐盐浓度是120 mmol/L NaCl。

## 2.2 不同浓度NaCl胁迫对中国南瓜杂交种和黑籽南瓜幼苗盐胁迫指数的影响

幼苗盐胁迫指数反映了在盐胁迫对幼苗侧根发生和植株生长势的抑制情况。从图1可以看出,随着NaCl浓度的提高,360-3×112-2杂交种和黑籽南瓜幼苗的盐胁迫指数(SSI)逐渐增加,黑籽南瓜幼苗的SSI在各处理下均高于360-3×112-2杂交种。参照生长抑制率的等级划分,360-3×112-2杂交种幼苗在40 mmol/L NaCl浓度胁迫下SSI很低,只有4.17,稍受抑制,而黑籽南瓜的SSI达到29.1,已受中度抑制。黑籽南瓜幼苗随着NaCl浓度提高,SSI值一直增加,在120 mmol/L NaCl浓度胁迫下SSI值为56.75,受到了强抑制;自160 mmol/L NaCl浓度胁迫开始,SSI值超过75,呈现

出严重抑制的现象。360-3×112-2杂交种幼苗在80、120 mmol/L NaCl浓度胁迫下SSI处于较低水平,分别是26.39和29.94,只受到了中度抑制;NaCl浓度在160 mmol/L时SSI骤增至69.54,呈现强抑制;在200 mmol/L NaCl浓度胁迫时SSI值为80.56,仍有部分植株发生侧根。

从幼苗盐胁迫指数的分析结果可知,360-3×112-2杂交种耐盐性明显比黑籽南瓜强,这一结果与以上关于幼苗下胚轴伸长长度、鲜质量和干质量在不同NaCl浓度胁迫下受到的抑制情况相一致。

## 3 结论与讨论

在不同NaCl浓度处理下,中国南瓜杂交种360-3×112-2和黑籽南瓜幼苗的耐盐性存在明显差异,中国南瓜杂交种360-3×112-2幼苗的耐盐性比黑籽南瓜幼苗强,360-3×112-2杂交种的耐NaCl最高浓度是160 mmol/L,而黑籽南瓜的最高耐NaCl浓度是120 mmol/L。

本试验的试材是刚发芽的幼苗,在40 mmol/L NaCl浓度处理下,即看到了两种试验材料的盐胁迫反应,说明南瓜类植物的发芽期和幼苗期是对盐胁迫较敏感的时期,这与前人对其它植物发芽期和幼苗期的研究结果一致<sup>[10-16]</sup>。通过本试验比较,360-3×112-2杂交种的耐盐性比黑籽南瓜强,说明其耐盐性有较大的利用价值,有必要对其砧木特性作进一步的研究,从而作为一个耐盐的瓜类砧木品种加以利用。

植物的耐盐性有比较复杂的遗传特征,受材料基因型、植株个体发育阶段以及环境条件等因素的影响,在不同的试验条件下可能有不同的试验结果<sup>[17]</sup>。本研究采用组织培养的技术,以克服其他环境因素对南瓜幼苗耐盐性的影响,提高了耐盐性试验结果的可靠性。同时,组培条件下进行幼苗耐盐性鉴定,幼苗生长快,缩短了鉴定周期,对其他植物的耐盐性筛选也具有借鉴作用。

### [参 考 文 献]

- [1] 张云起,刘世琦,杨凤娟,等. 耐盐西瓜砧木筛选及其耐盐机理的研究[J]. 西北农业学报,2003,12(4):105-108.
- [2] Rosa M Rivero, Juan M Ruiz, Luis Romero. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions[J]. Food, Agriculture & Environment, 2003,1(1):70-74.
- [3] Edelstein I M, Ben-Hur M, Cohen R, et al. Ravina I. Boron and salinity effects on grafted and non-grafted melon plants[J]. Plant and Soil, 2005,269:273-284.
- [4] Romero L, Belakbir A, Ragala L, et al. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plant (*Cucumis*

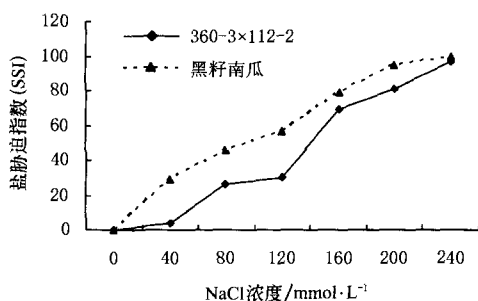


图1 不同浓度NaCl胁迫对中国南瓜杂交种和黑籽南瓜幼苗盐胁迫指数(SSI)的影响

Fig.1 Effects of NaCl concentration on the salt stress index(SSI)of seedlings of pumpkin hybrid and figleaf gourd

- melo* L.)[J]. *Soil Sci Plant Nutr*, 1997,43,855-862.
- [5] Fernandez Garcia N, Cerda A, Carvajal M. Grafting, a useful technique for improving tolerance of tomato? [J]. *Acta Hort*, 2003,609,251-256.
- [6] 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.
- [7] 朱进,别之龙,李娅娜. 黄瓜种子萌芽期及嫁接砧木幼苗期耐盐力评价[J]. *中国农业科学*, 2006,39(4):772-778.
- [8] 王广印,韩世栋,赵一鹏,等. NaCl 胁迫及  $Ca^{2+}$  和  $GA_3$  对南瓜属 3 种蔬菜种子发芽的影响[J]. *植物资源与环境学报*, 2005,14(1):26-30.
- [9] 王冉,陈贵林,梁静,等. 盐胁迫对黑籽南瓜和白籽南瓜种子萌发特性的影响[J]. *河北农业大学学报*, 2005,28(5):42-44.
- [10] 丁顺华,邱念伟,杨洪兵,等. 小麦耐盐性生理指标的选择[J]. *植物生理学通讯*, 2001,37(2):98-102.
- [11] 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*, 2000,9(3):22-25.
- [12] 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]. *中国棉花*, 2000,27(9):12-13.
- [13] 孙小芳,郑青松,刘友良. 盐胁迫下不同基因型棉花萌发生长和离子吸收特性[J]. *棉花学报*, 2001,13(3):134-137.
- [14] 沈禹颖,王锁民,陈亚明. 盐胁迫对牧草种子萌发及其恢复的影响[J]. *草业学报*, 1999,8(3):54-60.
- [15] 董晓霞,赵树慧,孔令安,等. 苇状羊茅盐胁迫下生理效应的研究[J]. *草业学报*, 1998,15(5):10-13.
- [16] 米海莉,许兴,马雅琴,等. 小麦品种耐盐性的研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2003,21(1):134-138.
- [17] Flowers T J. Improving crop salt tolerance[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2004,55(396):307-319.

## Effects of NaCl stress on plant growth of pumpkin hybrid and figleaf gourd seedlings

Zhou Junguo<sup>1,2</sup>, Zhu Yuelin<sup>1\*</sup>, Liu Zhenglu<sup>1</sup>, Wang Jianguo<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. Horticultural Department of Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract:** In vitro comparison of the salt tolerance of figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouche.) and pumpkin hybrid (*Cucurbita moschata* Duch.) of 360-3×112-2 which showed stronger salt tolerance with previously selected experimental results, was made at the seedling stage exposed to a series of NaCl concentrations (0, 40, 80, 120, 160, 200 mmol/L). The growth characteristics of seedlings including hypocotyl length, fresh weight, dry weight, number of later roots and visual status were determined in 10 days after NaCl treatment. The results showed that significant difference in salt tolerance was existed between pumpkin hybrid of 360-3×112-2 and figleaf gourd, and the salt tolerance of the former was significantly higher than the later. It was suggested that 160 mmol/L and 120 mmol/L NaCl concentrations were the maximum stress values that pumpkin hybrid of 360-3×112-2 and figleaf gourd could tolerate respectively. Those results make hybrid of 360-3×112-2 available in breeding of salt-tolerant rootstock.

**Key words:** in vitro culture; *Cucurbita moschata* Duch.; *Cucurbita ficifolia* Bouche.; seedling; salt tolerance