

NaCl 胁迫对南瓜幼苗 Na^+ 及 Ca^{2+} 含量的影响

李卫欣, 王 鹏, 姚太梅

(河北北方学院 园艺系, 河北 张家口 075000)

摘 要: 采用 19 个不同类型南瓜品种, 研究了 300 mmol/L NaCl 下, 幼苗地上部和根系 Na^+ 和 Ca^{2+} 离子含量和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值的变化。结果表明: NaCl 胁迫 8 d 后, 不同南瓜品种幼苗 Na^+ 含量均明显增加, 离子平衡被打破; 南瓜幼苗体内的 Na^+ 含量、地上部的 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值的变化反映植物对盐离子和营养元素相对的吸收情况; 青栗(Q1)南瓜幼苗根系 Na^+ 含量和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值明显高于黑蜜南瓜(H2)和黑籽南瓜(H3)。由此可知: 不同南瓜品种幼苗体内 Na^+ 含量、地上部 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值变化趋势与 NaCl 胁迫下不同南瓜品种幼苗的盐害指数的结果基本一致; 进一步验证了 Q1 耐盐性强与 NaCl 胁迫下地上部 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值较低, Ca^{2+} 离子含量较高有关; 而品种 H2 和 H3 对盐敏感与 NaCl 胁迫下地上部 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值较高, Ca^{2+} 离子含量较低有关。

关键词: NaCl 胁迫; 南瓜; Na^+ 和 Ca^{2+} 离子; $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$

中图分类号: Q 945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0001-03

土壤盐渍化是农作物生产中常遇到的自然逆境之一, 盐渍化土壤在世界上分布很广, 我国大约有 $6 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 的盐碱地^[1]。在盐渍环境下, 植物生长受到盐分离子和许多矿质养分离子之间交互作用的影响, 造成植物体内养分吸收、利用和分配的不平衡, 同时也增加了植物对必需营养元素的需求。盐胁迫对植物造成的危害主要是离子毒害、渗透胁迫和营养不平衡等方面^[2]。盐胁迫对植物离子吸收有着直接或间接影响。调节植物体内盐分的运输和分配是耐盐机理的基本组成部分。不同作物或同一作物不同品种的耐盐性有很大差异, 因此可以通过选择或培育耐盐品种提高栽培作物的耐盐性^[3,4]。

南瓜是一种重要蔬菜和经济作物, 课题组曾对 19 个不同类型南瓜品种幼苗盐害指数及其生理指标进行了研究, 初步筛选出耐盐性强的青栗南瓜(Q1)和盐敏感的黑蜜南瓜(H2)、黑籽南瓜(H3)^[5], 但尚未明确盐胁迫对不同南瓜品种幼苗离子含量的影响及其与耐盐性的关系。现选取 19 个生产上常用的南瓜品种, 研究盐胁迫下南瓜幼苗地上部和根系中 Na^+ 、 Ca^{2+} 离子含量、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值的变化规律及其与南瓜品种耐盐性的关系, 以期对南瓜耐盐种质筛选、种质资源评价提供理论

依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试南瓜品种共 19 个, 包括印度南瓜(*Cucurbita maxima* Duch.), 中国南瓜(*Cucurbita moschata* Duch.), 美洲南瓜(*Cucurbita pepo* L.) 和黑籽南瓜(*Cucurbita ficifolia* Bouche.) 4 类。印度南瓜包括黑蜜南瓜 H2 (Heimi pumpkin)、吉祥一号 J2(Jixiangyihao)、日本南瓜 R1 (Japan pumpkin)、白籽南瓜 B1 (*C. moschata*)、台湾金福 T1 (Taiwanjinfu) 和甜面大南瓜 T2 (Tianmian big pumpkin); 中国南瓜包括金钩南瓜 J1 (Jingou pumpkin)、无蔓一号 W1 (Wuwanyihao)、无蔓四号 W2 (Wuwansihao)、青栗 Q1 (Qingli) 和绿宝甘栗 L1 (Lvbaoganli); 美洲南瓜包括绿宝石 L2 (Lvbaoshi)、中葫一号 Z1 (Zhonghuyihao)、中葫三号 Z2 (Zhonghusanhao)、嫩玉 N1 (Nenyu)、圣玉 S1 (Shengyu)、黑美丽 H1 (Heimeili) 和日本美玉 R2 (Japan meiyu); 黑籽南瓜包括云南黑籽南瓜 H3 (*C. ficifolia*)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 南瓜种子经 0.1% KMnO_4 消毒 15 min 后, 浸种催芽。催芽后将整齐一致的种子播于装有蛭石和珍珠岩(2:1)底部有孔的营养钵内育苗。第 1 片真叶展开后用日本园试通用配方营养液浇灌。待幼苗第 2 片真叶展开时用 0.300 mmol/L 的 NaCl 处理(用营养液调整 NaCl 浓度), 每个处理 30 株, 试验设 3 次重复。将营养钵浸在深 1~2 cm 处, 为保持盐浓度的恒定, 每天更换 1 次处理液。盐胁迫 8 d 后, 整株取样分根系和地上部分测定离子含量。

第一作者简介: 李卫欣(1973-), 女, 硕士, 讲师, 现主要从事设施园艺及蔬菜生理科学研究工作。
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30660015); 内蒙古自然科学基金资助项目(200508010502); 农业部蔬菜遗传与生理重点开放实验室资助项目(2003-2005 年度)。
收稿日期: 2009-11-17

1.2.2 测定方法 离子含量的测定在中国农业科学院农业部蔬菜遗传与生理重点开放实验室进行。将幼苗的地上、地下部分,经 105℃杀青后,65℃烘干至衡重,粉碎过筛,取 0.3 g 用浓硝酸和高氯酸(4:1)消化,去离子水定容后用等离子发射光谱仪(Leeman DRE 6009)测定 Na^+ 、 Ca^{2+} 离子含量。每项指标测定设 3 次重复。

1.2.3 统计分析 试验结果采用 SPSS 软件 Duncan 多重比较法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对不同南瓜品种地上部和根系 Na^+ 含量的影响

300 mmol/L NaCl 胁迫 8 d 后,不同南瓜品种幼苗体内 Na^+ 离子含量均明显增加。从地上部 Na^+ 含量增幅看,B1、Q1 和 T1 幼苗 Na^+ 含量增加幅度较小,分别比对照(0 mmol/L NaCl,下同)增加了 4.1、3.7 和 4.1 倍;W2、H2 和 H3 与对照相比分别增加了 11.5、11.2 和 12.0 倍,增加幅度明显高于其它品种(图 1)。从根系 Na^+ 含量增加幅度看,Q1、J2、L1 和 W1 幼苗中 Na^+ 含量增幅较大,分别比对照增加 6.4、5.6、5.9 和 5.6 倍;而 Z1、Z2、H3 和 H2 幼苗中 Na^+ 含量增加幅度较小,分别比对照增加 2.6、2.7、2.6、2.5、2.3 倍,其它品种 Na^+ 含量增加幅度居中(图 2)。

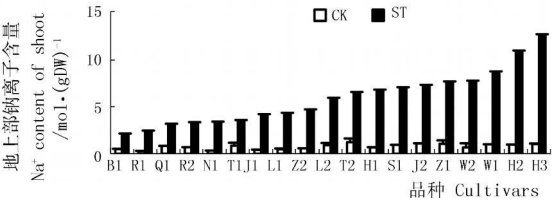


图 1 NaCl 胁迫对不同南瓜幼苗地上部钠离子含量的影响
Fig. 1 Effect of NaCl stress on Na^+ content in shoot of different pumpkin cultivars

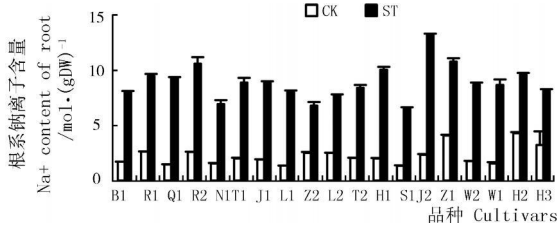


图 2 NaCl 胁迫对不同南瓜品种幼苗根系钠离子含量的影响
Fig. 2 Effect of NaCl stress on Na^+ content in root of different pumpkin cultivars

2.2 NaCl 胁迫对不同品种南瓜地上部和根系 Ca^{2+} 含量的影响

Ca^{2+} 是生物膜的稳定剂,对保持生物膜的完整性和选择性具有重要作用。由图 3、图 4 可知,不论是对照还是 NaCl 胁迫处理,其地上部 Ca^{2+} 含量均明显高于根系。盐胁迫后不同南瓜品种幼苗体内 Ca^{2+} 含量均比对照有

所增加,但品种间增加幅度有所不同,仍保持地上部 Ca^{2+} 含量明显高于根系的趋势。盐胁迫处理后 Q1 地上部 Ca^{2+} 含量明显高于对照,而根系 Ca^{2+} 含量在对照和盐胁迫处理间差异不明显。

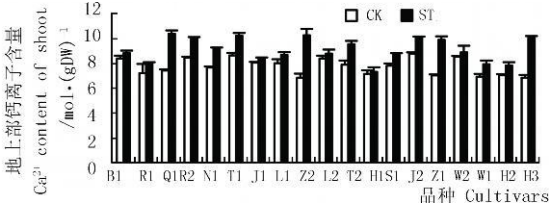


图 3 NaCl 胁迫对不同南瓜品种地上部钙离子含量的影响
Fig. 3 Effect of NaCl stress on Ca^{2+} content in shoot of different pumpkin cultivars

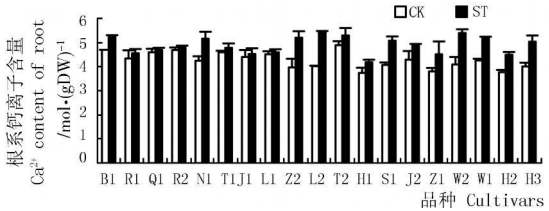


图 4 NaCl 胁迫对不同南瓜品种根系和钙离子含量的影响
Fig. 4 Effect of NaCl stress on Ca^{2+} content in root of different pumpkin cultivars

2.3 NaCl 胁迫对不同南瓜品种地上部和根系 Na^+ / Ca^{2+} 比值的影响

由表 1 可知,不同南瓜品种幼苗体内 Na^+ / Ca^{2+} 比值均表现为根系大于地上部。300 mmol/L NaCl 胁迫 8 d 后,南瓜品种幼苗根系和地上部 Na^+ / Ca^{2+} 比值与对照相比都呈上升趋势,但不同品种增幅有所差异。盐胁迫

表 1 NaCl 胁迫对不同品种南瓜地上部和根系 Na^+ / Ca^{2+} 比值的影响

Table 1 Effect of NaCl stress on Na^+ / Ca^{2+} of shoot and root in different pumpkin cultivars

品种 Cultivars	根系 Root $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$		地上部 Shoot $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$	
	CK	ST	CK	ST
B1	0.36 d	1.53 d	0.06 b	0.24 a
R1	0.60 h	2.08 l	0.04 a	0.30 b
Q1	0.32 bc	1.99 k	0.11 ef	0.30 b
R2	0.55 g	2.21 m	0.08 c	0.32 c
N1	0.37 d	1.35 b	0.04 a	0.36 d
T1	0.55 g	1.65 g	0.10 de	0.35 d
J1	0.31 ab	1.97 j	0.05 ab	0.51 f
L1	0.30 a	1.74 i	0.06 b	0.50 f
Z2	0.66 j	1.29 a	0.09 cd	0.45 e
L2	0.62 i	1.44 c	0.11 ef	0.67 g
T2	0.42 e	1.59 e	0.16 jk	0.68 g
H1	0.53 f	2.40 o	0.09 cd	0.95 l
S1	0.33 c	1.29 a	0.12 fg	0.80 j
J2	0.54 fg	2.71 p	0.13 gh	0.73 h
Z1	1.11 m	2.28 n	0.15 ij	0.77 i
W2	0.43 e	1.61 f	0.08 c	0.87 k
W1	0.37 d	1.68 h	0.14 hi	1.08 m
H2	0.83 l	2.08 l	0.14 hi	1.40 o
H3	0.81 k	1.62 f	0.15 ij	1.26 n

注:按 Duncan 新复极差测验,同列中字母表示差异显著性($P=0.05$)。

Note: According to Duncan's new multiple range test, different letters within rows represent significant difference at 1% levels.

迫后 B1、Q1 和 R1 地上部 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值维持较低水平,表明这 3 个品种地上部 Ca^{2+} 含量大于 Na^+ 含量,从而能减轻盐胁迫伤害;而 W1、H2 和 H3 品种的 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 维持较高水平,表明 W1、H2 和 H3 品种地上部 Na^+ 含量大于 Ca^{2+} 含量,这将加重盐的伤害。

3 讨论

以盐害指数和电解质渗透率等作为南瓜品种耐盐性的筛选指标,对 19 个不同类型南瓜品种幼苗的耐盐性的研究表明,南瓜品种 Q1(青粒)表现出较强的耐盐性,而 H2(黑蜜南瓜)和 H3(黑籽南瓜)为盐敏感品种;其它为耐盐性中等品种^[5]。该试验中 NaCl 胁迫下,青栗(Q1)南瓜幼苗地上部 Na^+ 含量、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值维持较低水平,而 H2 和 H3 维持较高水平,这一结果与李卫欣等^[3]的结果基本一致。不过,该试验中 B1 和 R1 南瓜幼苗地上部 Na^+ 含量、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值也维持较低水平,其耐盐性与耐盐品种青栗(Q1)相似,而前期的试验中^[5]耐盐性仅位居中等。因此,筛选作物品种耐盐性应将生理指标与形态指标结合起来运用更为合理。

Na^+ 是某些盐生植物的有益元素,但对其它非盐生植物(包括南瓜)来说, Na^+ 并非是必需元素,而且过量 Na^+ 对植物有害。非盐生植物的耐盐性主要取决于植株根系限制对 Na^+ 的吸收以及在叶片中维持低水平的 Na^+ ^[6]。盐胁迫下,过量的 Na^+ 导致植物细胞质膨胀变坏,破坏了质膜选择透性,使细胞内离子大量外渗,造成植物体内离子不平衡,破坏了细胞的正常生理功能^[7]。限制 Na^+ 和 Cl^- 进入体内,选择性地吸收 K^+ ,是提高植物耐盐能力的途径^[8]。该试验结果表明, Q1 品种 Na^+ 含量增加程度地上部分明显小于根系,可能是幼苗将 Na^+ 积累在根部,限制其向地上部的运输,从而减少了盐胁迫对地上部代谢旺盛部分的伤害, H2、H3 却与此相反(见图 1、2),这一结果与南瓜幼苗盐害指数的变化趋势一致^[5]。

Effect of NaCl Stress on Na^+ and Ca^{2+} Content in Different Cultivars of Pumpkin Seedlings

LI Wei-xin, WANG Peng, YAO Tai-mei

(Horticultural Department, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000)

Abstract: Variations of Na^+ , Ca^{2+} content, the ratios of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ in shoot and root of 19 pumpkin cultivar seedlings were investigated after an 8 day exposure to 300 mmol/L NaCl. The results showed that the content of Na^+ significantly increased and that the ion balance was broken. The relative absorption of salt ions and nutritional elements were reflected in the variations of Na^+ content and the ratios of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ in shoot. Na^+ content in root and the ratios of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ in shoot in Q1 (Qingli) were significantly higher than those in H2 (Heimi pumpkin), H3 (*C. ficifolia*). From these results, it can be inferred that the variation tendency of Na^+ content, the ratios of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ in shoot of different pumpkin cultivar seedlings were nearly in consistent with the salt injury index of those under NaCl stress. This further proved that strong salt-tolerance of Q1 was related to the low ratios of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ in shoot and the high content of Ca^{2+} ions under salt stress. The sensitivity of H2 and H3 to salt was connected with the high ratios of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ in shoot and the low content of Ca^{2+} ions under salt stress.

Key words: salt stress; pumpkin; ion of Na^+ and Ca^{2+} ; $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$

Ca^{2+} 是生物膜的稳定剂,对保持生物膜的完整性和选择性具有重要作用。 Ca^{2+} 有助于提高植物对 K^+ 选择性吸收的能力,维持 K^+/Na^+ ^[9],同时 Ca^{2+} 是非盐生植物在遇到 NaCl 胁迫时的主要渗透调节物质。该试验研究表明,盐胁迫下,南瓜幼苗地上部和地下部的 Ca^{2+} 基本保持不变或略有升高,但 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值明显升高,这与夏阳^[10]的结果一致。耐盐性强的 Q1 品种地上部的 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 值较小,耐盐性弱的 H3 和 H2 品种其值较大,明显高于其它品种,耐盐性居中的品种其 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 值除个别品种外多居于中等水平。因此,南瓜幼苗地上部的 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 值的大小可以作为鉴定耐盐性强弱的指标。

参考文献

[1] 刘旭,史娟,张学勇,等.小麦耐盐种质的筛选鉴定和耐盐基因的标记[J].植物学报,2001,43(9):948-954.
[2] 於丙军,罗庆云,刘友良.NaCl 胁迫下野生和栽培大豆幼苗体内离子的再转运[J].植物生理与分子生物学报,2003,29(1):39-44.
[3] 方先文,汤陵华,王艳平.耐盐水稻种质资源的筛选[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):295-298.
[4] 陈德明,俞仁培.盐胁迫下不同小麦品种的耐盐性及其离子特征[J].土壤学报,1998,35(1):88-94.
[5] 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.
[6] Raúl L. Andrés O, Armando L. Response to Salinity of three grain legumes for potential cultivation in arid areas[J]. Soil Science Plant Nutrition, 2003, 49(3): 329-336.
[7] Leopold A C, Willing R P. Evidence for toxicity effects of salt on membranes[M]// Staples R C. Salinity Tolerance in Plant. Strategies for Crop Improvement. New York: John Wiley and Sons, 1984: 67-76.
[8] 汪贵斌,曹福亮,游庆方,等.盐胁迫对 4 树种叶片中 K^+ 和 Na^+ 的影响及其耐盐能力的评价[J].植物资源与环境学报,2001,10(1):30-34.
[9] Santa-Cruz A, Acosta M, Rus A, et al. Short tremsalt tolerance mechanisms in differentially salt tolerant tomato species[J]. Plant Physiology Biochemistry, 1999, 37(1):65-71.
[10] 夏阳,梁慧敏,王太明,等.盐胁迫对苹果器官中钙镁铁锌含量的影响[J].应用生态学报,2005,16(3):431-434.