

# NaCl 胁迫下黄瓜幼苗无机离子的渗透调节效应

周俊国<sup>1</sup>, 扈惠灵<sup>1</sup>, 曾 凯<sup>2</sup>, 赵润洲<sup>1</sup>, 成 坤<sup>1</sup>

(1. 河南科技学院 园林学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南省农业科学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 以营养液栽培的津春 2 号黄瓜幼苗为试验材料, 研究 40 mmol/L NaCl 胁迫下黄瓜幼苗无机离子的渗透调节效应。结果表明, 在 NaCl 胁迫下, 黄瓜幼苗的生长受到抑制, 鲜质量和相对含水量降低。黄瓜幼苗各器官渗透势降低,  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$  含量上升, 但同时  $\text{K}^+$  含量下降, 说明 NaCl 胁迫后黄瓜幼苗  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$  上升的同时起到了渗透调节、离子毒害和致  $\text{K}^+$  缺乏的三重作用, 从而影响了幼苗的生长发育。幼苗各器官中, 茎中的  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$  积累较多, 对维持叶片中较低的渗透势和较高的  $\text{K}^+$  含量有积极的作用。

**关键词:** NaCl 胁迫; 黄瓜幼苗; 无机离子; 渗透调节

中图分类号: S642 2 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2010)02-0079-04

## Study on Osmotic Adjustment on Inorganic Ions of Cucumber Seedling under NaCl Stress

ZHOU Jun-guo<sup>1</sup>, HU Hui-ling<sup>1</sup>, ZENG Kai<sup>2</sup>, ZHAO Run-zhou<sup>1</sup>, CHENG Kun<sup>1</sup>

(1. School of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China; 2. Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Situation of osmotic adjustment on inorganic ions of Jin-chun No.2 cucumber seedling was studied in hydroponics into which added 40 mmol/L NaCl. The growth of cucumber seedling was inhibited after 10 days under NaCl stress with fresh weight, relative water content reduced. The osmotic potential was lowered, while the content of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  increased, and  $\text{K}^+$  content of every organ reduced. It suggested that the rise of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  content of cucumber seedling under NaCl stress played three roles in osmotic adjustment, ion toxicity and deficiency of  $\text{K}^+$  nutrients, so, it negatively influences on seedling growing development. Of all the organs, the stem accumulates more  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  which have an active effects on maintaining lower osmotic potential and higher  $\text{K}^+$  content in leaf.

**Key words:** NaCl stress; Cucumber seedlings; Inorganic ion; Osmotic adjustment

近 20 a 来, 设施蔬菜栽培在我国快速发展, 栽培面积和产量居世界第 1 位。但由于设施栽培的特点, 以及种植年限的增加, 生产者栽培管理措施不当, 设施内的土壤在一年中有较长的时间得不到雨水的淋洗, 致使盐分积聚, 设施土壤次生盐渍化现象日益严重, 使设施蔬菜的生长发育受到抑制, 严重影

响产量和品质, 阻碍了蔬菜产业的可持续发展<sup>[1]</sup>。黄瓜 (*Cucumis sativus*) 是保护地栽培中的主要种类, 对盐胁迫比较敏感, 在次生盐渍化严重的土壤中栽培时易出现立苗困难, 植株生长势弱, 瓜产量低、品质差的问题<sup>[2]</sup>。长期以来, 关于如何提高黄瓜的抗盐性, 筛选黄瓜耐盐品种是人们研究的焦点<sup>[3-7]</sup>。

收稿日期: 2009-10-17

基金项目: 河南省教育厅 2009 年自然科学研究计划 (2009B210009); 河南科技学院 2008 年高层次人才科研项目 (08011)

作者简介: 周俊国 (1967-), 男, 河南内乡人, 副教授, 博士, 主要从事园艺植物种质资源研究与育种工作。

E-mail: junguo1020@163.com

黄瓜耐盐机理的研究是耐盐品种选育的基础性工作,对指导育种实践有重要的意义。本试验从黄瓜幼苗无机离子渗透调节的角度研究黄瓜幼苗无机离子的含量与渗透势变化的关系,旨在为揭示黄瓜的耐盐机制奠定基础。

1 材料和方法

1.1 材料和试验处理

2008 年 3—4 月在河南科技学院日光温室内进行。供试的黄瓜品种为津春 2 号。先采用营养钵育苗,待幼苗长至二叶一心时挑选生长一致的幼苗进行营养液培养,营养液为 1/2 浓度日本园试营养液,容器为 40cm×30cm×28.5cm(长×宽×高)的塑料水箱。内盛 40L 营养液,用 3cm 厚泡沫板作浮板,在泡沫板上均匀挖 9 个直径 2cm 小孔以承载幼苗。营养液用电动气泵 24h 连续通气,每 5d 更换 1 次,pH 值调整为 6.8。

先对黄瓜幼苗进行营养液预培养,当幼苗长至 4 片真叶时,在营养液中添加 40mmol/L NaCl 进行胁迫处理,营养液电导率为 676 dS/m,处理时间为 10d。试验以没有添加 NaCl 处理为对照(CK),营养液电导率为 178 dS/m。每个处理 9 株,3 次重复,在温室内随机排列。日光温室为单栋阳光板温室,加温加湿设备齐全,光照强度为 600~800 μmol/(m<sup>2</sup>·s),昼温 22~28℃,夜温 15~20℃,室内湿度白天为 70%~80%,夜间为 65%~90%。

1.2 幼苗不同器官鲜质量和相对含水量的测定

试验处理的第 10 天,将黄瓜幼苗整株从培养箱中取出,淋干水,每处理取 3 株,按照根、茎、叶切分幼苗,在感量为 0.001g 的电子天平上分别称取幼苗根、茎、叶的鲜质量,计算单株幼苗根、茎、叶的平均鲜质量。接着将幼苗的根、茎、叶分别放入烘箱中 105℃下杀青 15min,再在 75℃下烘 24h 至恒重,在感量为 0.1mg 的电子天平上称取干质量,计算单株幼苗根、茎、叶的平均干质量,由此计算幼苗根、茎、叶的相对含水量。

相对含水量=(鲜质量-干质量)/鲜质量×100%。

1.3 幼苗不同器官氯离子和钠离子含量的测定

分别将黄瓜根、茎、叶的干样在研钵中充分研磨,磨碎后分别称取 0.5g 放入 20mL 具塞试管中,加入 15mL 水,100℃水浴 2h,然后过滤定容至 100mL 容量瓶。用 AgNO<sub>3</sub> 滴定法测定氯离子含量。用美国 PE 公司生产的型号为 Optima 2100DV 电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP)测定 Na<sup>+</sup> 的含量。

1.4 幼苗不同器官渗透势的测定

试验处理第 10 天,将植株从培养箱中取出,用去离子水冲洗干净,用滤纸吸去多余水分。切分幼苗,将根、茎、叶片分别装入直径 3cm,长 10cm 的玻璃管中,在-25℃的冰箱中冷冻 24h,室温解冻后用玻璃棒将材料捣碎,取汁液进行离心,取 0.5mL 上清汁液,用上海尉诚仪器设备有限公司生产的冰点渗透压测定仪(BS-88 型)在 25℃下测定幼苗各器官汁液的*i*C 值,按  $\psi = -iCRT$  计算渗透势(*i* 为解离系数,*C* 为溶液摩尔浓度,*R* 为气体常数,*T* 为绝对温度)<sup>[8]</sup>。测定时每处理 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗鲜质量的影响

由图 1 可以看出,在 40 mmol/L NaCl 胁迫下,黄瓜幼苗各器官的鲜质量有明显下降,幼苗根、茎、叶鲜质量分别比对照下降了 38.04%、28.94%、29.28%。表明 NaCl 胁迫后黄瓜幼苗生长受到了抑制,致使幼苗的鲜质量明显下降,其中根系的抑制程度最大。

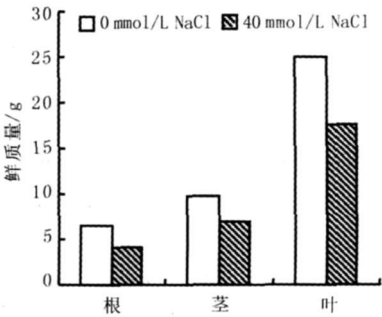


图 1 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗各器官鲜质量的影响

2.2 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗相对含水量的影响

由图 2 可以看出,在 40 mmol/L NaCl 胁迫下,黄瓜根、茎、叶的相对含水量明显下降,分别比对照下降了 30.1%、15.1%、28.2%,呈现出盐胁迫的典型“生理干旱”,根系中的相对含水量下降最多,其次是叶片,下降最少的是茎。水是植物进行各种生理活动的介质和

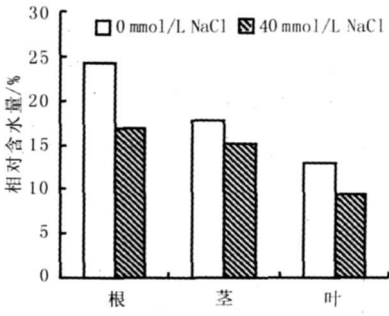


图 2 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗相对含水量的影响

原料,盐胁迫后植物吸水困难,造成生理干旱。

2.3 NaCl胁迫对黄瓜幼苗各器官Cl<sup>-</sup>含量的影响

正常情况下,植物对Cl<sup>-</sup>的需求量很小,在体内积累的量也很少。由图3可以看出,在没有NaCl胁迫的情况下,Cl<sup>-</sup>在黄瓜幼苗体内的积累量只有0.28~1.71mg/g,在茎和叶中分布较多,根中分布较少。NaCl胁迫后,Cl<sup>-</sup>含量明显上升,其中,茎中的Cl<sup>-</sup>上升最为显著,增幅为142.52%,其次是叶,增幅73.44%,最后是根,增幅53.57%,表明Cl<sup>-</sup>主要分布在地上的茎和叶片中。

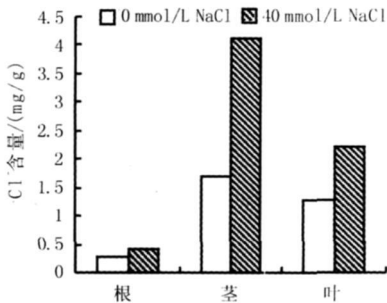


图3 NaCl胁迫对黄瓜幼苗各器官Cl<sup>-</sup>含量的影响

2.4 NaCl胁迫对黄瓜幼苗各器官Na<sup>+</sup>和K<sup>+</sup>含量的影响

由图4可以看出,在没有NaCl胁迫的情况下,Na<sup>+</sup>在黄瓜幼苗体内的积累量较少,在茎中分布较多。NaCl胁迫后,黄瓜幼苗体内的Na<sup>+</sup>含量明显上升,茎中的Na<sup>+</sup>上升最为显著,增幅为398.88%,根中的Na<sup>+</sup>增幅为308.47%,叶片中Na<sup>+</sup>的增幅为260.25%,表明茎和根系是黄瓜幼苗Na<sup>+</sup>的主要积累器官。

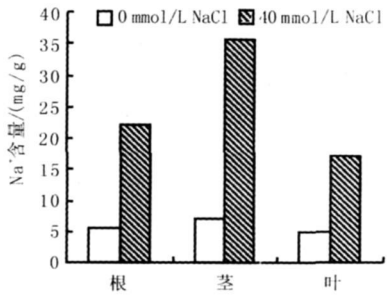


图4 NaCl胁迫对黄瓜幼苗各器官Na<sup>+</sup>含量的影响

钾是植物生长发育所必需的矿质元素,参与各种生理活动,在植物体内的含量较高。由图5可以看出,在没有NaCl胁迫的情况下,K<sup>+</sup>在黄瓜幼苗体内的积累量较多,在茎中分布最多。NaCl胁迫后,黄瓜幼苗体内的K<sup>+</sup>含量明显下降,茎中的K<sup>+</sup>

下降最为显著,降幅为57.77%,根中的K<sup>+</sup>降幅为49.18%,叶片中K<sup>+</sup>的降幅为38.76%,表明NaCl胁迫后黄瓜幼苗的生理活动受到抑制,茎和根系是影响较大的器官。

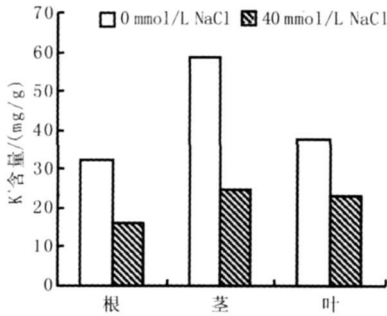


图5 NaCl胁迫对黄瓜幼苗不同器官K<sup>+</sup>含量的影响

2.5 NaCl胁迫对黄瓜幼苗各器官渗透势的影响

渗透势反映了植物各器官的吸水能力,与细胞溶液中水分含量、有机和无机溶质的多少有关。从图6可以看到,没受NaCl胁迫时,黄瓜幼苗的根、茎、叶间的渗透势从高到低的顺序是根、叶、茎,根的渗透势最高,以便于从根系向叶片运输水分。受NaCl胁迫后,黄瓜幼苗根、茎、叶片的渗透势明显下降,尤其叶片的渗透势变化较大,根系的渗透势变化不明显。原来的梯度运输顺序也发生了变化,幼苗器官的渗透势从高到低的顺序是根、茎、叶。表明NaCl胁迫后,根系难以吸取水分,虽然根系的渗透势变化较小,叶片的变化较大,但水分运输不通畅,叶片中的水分含量下降,溶质量相对增多。

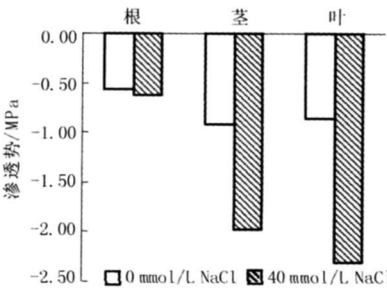


图6 NaCl胁迫对黄瓜幼苗各器官渗透势的影响

3 结论与讨论

黄瓜幼苗在40mmol/L NaCl胁迫下生长受到抑制,鲜质量和相对含水量降低,表现出盐害的特征。同时,幼苗各器官渗透势降低,Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>含量上升,K<sup>+</sup>含量下降,表明在盐胁迫下幼苗通过无机离子在体内的积累,来调节体内的渗透平衡,达到降低渗透势,增强吸水保水能力,保证在盐胁迫条件下的

生长。

盐胁迫主要包括渗透胁迫、离子毒害和矿质营养缺乏,从而抑制植物的生长<sup>[9-11]</sup>。 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 和 $\text{K}^+$ 是盐胁迫下植物进行渗透调节的主要无机离子,能很快地调节渗透平衡,保持功能器官的水分供应,但 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 是植物本身需求量较少的无机离子,过量积累会产生离子毒害,抑制植物的生长。 $\text{K}^+$ 是高等植物体内含量最多的无机离子,具有调控离子平衡、渗透调节、蛋白质合成、细胞膨压、光合作用等生理功能,由于 $\text{Na}^+$ 和 $\text{K}^+$ 的离子半径和水合能相似,二者具有明显的拮抗效应,盐胁迫下 $\text{Na}^+$ 竞争 $\text{K}^+$ 的吸收位点及活性位点,导致 $\text{Na}^+$ 积累时 $\text{K}^+$ 吸收减少,呈现矿质营养缺乏的情况<sup>[12,13]</sup>,虽然 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 的积累暂时也维持了细胞的渗透平衡,但长久的必需元素 $\text{K}^+$ 的缺乏会导致植株生长迟缓,生物量下降。本研究中,黄瓜幼苗各器官中 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 含量上升,有效地降低了各器官的渗透势,但这种形式的渗透势降低是以 $\text{K}^+$ 离子含量的下降作代价的,从而表现出幼苗鲜质量和相对含水量的降低。无机离子在植物不同器官中有不同的积累量,在盐胁迫下保持 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 的低吸收和 $\text{K}^+$ 的高吸收,同时将盐分离子优先积累在植株的下部,阻止在上部光合功能器官(叶片)中的过量积累是植物积极应对盐胁迫的生理机制<sup>[14]</sup>。黄瓜的茎是植株中发达的器官,具有输导水分和营养、支撑叶片和植株的作用,但其生理代谢活动较根和叶相对较弱,在盐胁迫下盐分离子在茎中的积累可以减少对叶片和根系的伤害。本研究中 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 主要积累在茎中,从而有效地降低了根和叶片中 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 的含量,尤其对维持叶片较低的渗透势、保证叶片中 $\text{K}^+$ 的积累量起到了积极的作用。

无机离子的渗透调节是植物适应盐胁迫环境的主要策略,耐盐性不同的品种,无机离子渗透调节的表现也会有一定的差异,如何利用这种差异,并把它确定为一种筛选指标,对黄瓜耐盐品种选择具有重要的实践意义。

#### 参考文献:

- [1] 张绍文. 我省温棚土壤现存的问题与克服途径[J]. 河南农业科学, 2000(12): 23-24.
- [2] 王素平, 郭世荣, 胡晓辉, 等. 盐胁迫对黄瓜幼苗根系生长和水分利用的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1883-1888.
- [3] 王素平, 郭世荣, 周国贤, 等.  $\text{NaCl}$ 胁迫下黄瓜幼苗体内 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 分布及吸收特性的研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(11): 2281-2288.
- [4] 王素平, 郭世荣, 李璟, 等.  $\text{NaCl}$ 胁迫对不同基因型黄瓜幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2006(2): 76-79.
- [5] 姚秋菊, 张晓伟, 蒋武生, 等. 硅对盐胁迫下黄瓜生长及矿质营养的影响[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(2): 170-175.
- [6] 王素平, 徐心诚.  $\text{H}_2\text{O}_2$ 预处理对盐胁迫下黄瓜幼苗生长和 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 分布的影响[J]. 河南农业科学, 2008(5): 88-92.
- [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] 时丽冉, 曹永胜, 郭盼. 盐胁迫对蚕豆植株光合性能和渗透调节能力的影响[J]. 杂粮作物, 2008, 28(5): 312-315.
- [9] Cheeseman J M. Mechanisms of salinity tolerance in plants[J]. Plant Physiology, 1988, 87: 547-550.
- [10] Shannon M C, Grieve C M. Tolerance of vegetable crops to salinity[J]. Scientia Horticulturae, 1999, 78: 5-38.
- [11] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25: 239-250.
- [12] Maathuis F J M, Amtmann A.  $\text{K}^+$  nutrition and  $\text{Na}^+$  toxicity: the basis of cellular  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  ratios[J]. Annals of Botany, 1999, 84: 123-133.
- [13] 陈洁, 林西凤. 植物耐盐生理及耐盐机理研究进展[J]. 海南大学学报: 自然科学版, 2003, 21(2): 177-182.
- [14] Ashraf M, O' Leary J W. Distribution of cations in leaves of salt tolerant and salt sensitive lines of sunflower under saline conditions[J]. Journal of Plant Nutrition, 1995, 18: 2379-2388.