

外源氯对番茄幼苗生长及养分吸收、利用的影响

郑青松 杜爽 刘兆普* 王晓亮 杨文杰 苏实

(南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏南京 210095)

摘要: 研究了不同水平外源氯处理对番茄 (*Lycopersicon esculentum* L.) 干物质积累、叶绿素含量、 Cl^- 、 NO_3^- 、氮、磷、钾、钙和镁含量的影响。结果表明: 一定范围 ($6.25 \sim 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 的外源氯处理, 不降低番茄生物量甚至促进生物量, 并可明显提高番茄幼苗对钾、镁、磷的吸收和氮素利用效率, 而 200 、 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cl^- 处理的幼苗干物质积累极显著下降。

关键词: 番茄; 氯; 生物量; 硝酸盐; 养分; 吸收; 分配

中图分类号: S 641.2 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 04-0849-04

Effects of Supplemental Chloride on Growth, Nutrient Absorption and Utilization of Tomato Seedlings

Zheng Qingsong, Du Shuang, Liu Zhaopu*, Wang Xiaoliang, Yang Wenjie, and Su Shi

(College of Natural Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: Potassium, magnesium, phosphorus uptake and nitrogen utilization efficiency of tomato seedlings was promoted while that biomass of plant was changeless or increased under supplemental Cl^- treatments ($6.25 - 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$). Dry matter accumulation of seedlings treated with 200 and $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ Cl^- was obvious less than that of the control

Key words: Tomato; Chloride; Biomass; Nitrate; Nutrient; Absorption; Distribution

1 目的、材料与方法

氯是植物必需的微量营养元素, 许多植物体中的含氯量比其它微量元素高, 适当施用含氯肥料是有益的^[1]。众多研究还表明, 施氯还能降低作物体内的硝酸盐含量, 从而提高氮素利用效率, 同时改善作物品质, 但由于试验方法和试验材料不同得出很多不同的结论^[2,3]。作者研究了外源氯对番茄幼苗生长及养分吸收、利用的效应, 为含氯化肥的施用、开发盐土农业和海水(咸水)、微咸水灌溉利用提供理论支持和科学依据。

供试材料为番茄‘合作 903’ (*Lycopersicon esculentum* L.), 播种后, 用 $1/2$ Hoagland 培养液砂培至四叶期, 每盆 4 株。转入含不同浓度 Cl^- (外加 0 、 6.25 、 12.5 、 25 、 50 、 100 、 200 、 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 的 $1/2$ Hoagland 培养液培养。整个过程均在昼温 (28 ± 2), 夜温 (24 ± 2), 自然光照下进行。每天更换 1 次培养液。按 Kingsbury 等方法^[4]配置不同 (摩尔比) 浓度外源氯, 即 CaCl_2 MgCl_2 $\text{KCl} = 35 \ 76 \ 108$ 。处理 8 d 时取植株, 用蒸馏水将鲜样洗净后吸干表面水分, 在 105°C 杀青 5 min 后于 75°C 烘干。按以下公式计算: 干物质积累速率 (mg/d) = (处理后干样质量 - 处理前干样质量) / 处理天数。叶绿素含量的测定按张宪政的方法^[5]。滴定法测定 Cl^- 含量^[6]。氮、磷、钾含量的测定参照文献^[7]。叶片硝酸盐含量用流动分析仪测定^[8]。每个处理重复 3 次 (即 3 盆)。试验数据用 SPSS 软件分析。

收稿日期: 2005-08-02; 修回日期: 2006-04-13

基金项目: 国家‘863’项目 (2004AA224061); 南京农业大学 SRT 项目 (0507A16, 0607B09)

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: sea@njau.edu.cn)

2 结果分析与讨论

2.1 不同浓度氯对番茄幼苗干物质积累速率和叶片叶绿素含量的影响

适当增氯是有益的，与对照相比，6.25~50 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理 8 d，番茄幼苗干物质积累速率极显著高于对照，Cl⁻ 浓度达到 100 mmol·L⁻¹ 时，番茄幼苗干物质积累速率与对照差异不显著，Cl⁻ 浓度达到 200、300 mmol·L⁻¹ 时，幼苗干物质积累速率极显著下降（图 1，A）。6.25~50 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理 8 d，番茄幼苗叶片叶绿素含量与对照差异不显著，Cl⁻ 浓度达到 100 mmol·L⁻¹ 时，番茄幼苗叶片叶绿素含量显著上升，达到 200 mmol·L⁻¹ 时，叶片叶绿素含量显著下降，达到 300 mmol·L⁻¹ 时，幼苗叶片叶绿素含量下降更显著（图 1，B）。

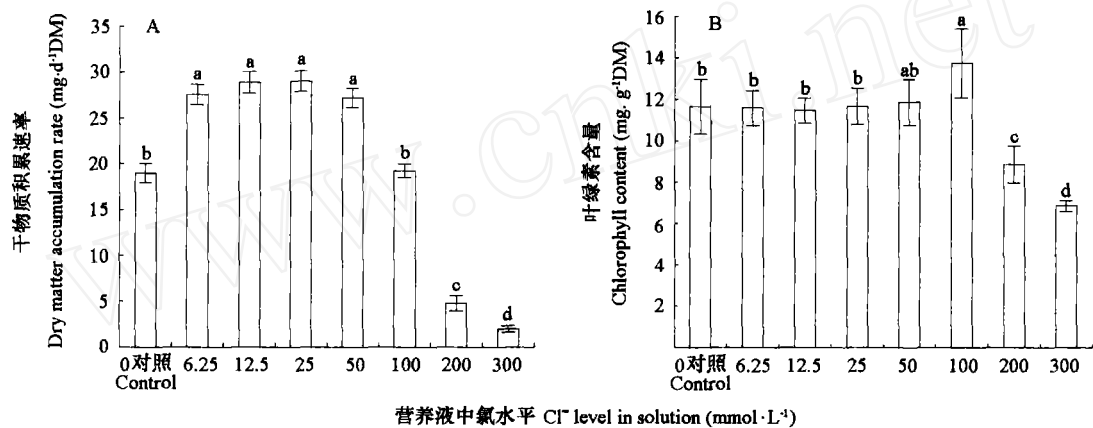


图 1 不同浓度氯对番茄幼苗干物质积累速率（A）、叶片叶绿素含量（B）的影响

Fig 1 Effects of different concentrations of chloride on dry matter accumulation rate and leaf chlorophyll content of tomato seedlings
P < 0.05

2.2 不同浓度氯对番茄幼苗氯、钾、钙和镁含量的影响

随着外源 Cl⁻ 浓度上升，植株体内氯含量显著上升，尤其是茎中增加的尤为显著（表 1）。Cl⁻ 处理下，幼苗根、叶的钾含量比对照显著增加。随着 Cl⁻ 浓度的加大，根、茎、叶的钾含量逐渐增加，茎中钾在 100~200 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理达最大，300 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理，钾含量显著下降（表 1）。

表 1 不同浓度氯处理对番茄幼苗氯、钾含量的影响

Table 1 Effects of different chloride treatments on chlorine, potassium content of tomato seedlings (mmol·g⁻¹DM)

| 氯处理浓度 Supplemental chloride concentrations(mmol·L ⁻¹) | 氯 Cl | | | 钾 K | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 根 Root | 茎 Stem | 叶 Leaf | 根 Root | 茎 Stem | 叶 Leaf |
| 0(对照 Control) | 0.013 g | 0.023 h | 0.017 h | 0.42 f | 0.83 e | 0.30 f |
| 6.25 | 1.14 f | 1.23 g | 0.53 g | 0.66 e | 1.12 d | 0.35 ef |
| 12.5 | 1.25 ef | 1.72 f | 0.74 f | 0.71 de | 1.29 c | 0.36 ef |
| 25 | 1.38 de | 2.04 e | 0.93 e | 0.81 cd | 1.44 bc | 0.37 e |
| 50 | 1.47 d | 2.37 d | 1.23 d | 0.89 c | 1.59 ab | 0.49 d |
| 100 | 2.03 c | 2.81 c | 1.79 c | 1.22 b | 1.74 a | 0.65 c |
| 200 | 2.41 b | 3.06 b | 2.61 b | 1.61 a | 1.68 a | 0.95 b |
| 300 | 2.80 a | 4.25 a | 4.05 a | 1.55 a | 1.43 bc | 1.05 a |

6.25 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理下番茄幼苗根、茎、叶钙含量与对照无显著差异，随着 Cl⁻ 处理浓度增加，根钙含量呈逐渐下降趋势，而茎中的钙含量先下降后上升，叶的钙含量逐渐增加（表 2）。与对照相比，6.25 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理下番茄幼苗根、茎、叶镁含量上升，随着 Cl⁻ 处理浓度增加，根镁含量呈逐渐下降趋势，茎镁含量呈逐渐上升趋势，但 6.25~50 mmol·L⁻¹ Cl⁻ 处理间的根、茎镁含量无显著差异，而叶镁含量随着 Cl⁻ 处理浓度增加而显著上升（表 2）。

表 2 不同浓度氯处理对番茄幼苗钙和镁含量的影响

Table 2 Effects of different chloride treatments on Ca and Mg content of tomato seedlings (mmol · g⁻¹DM)

| 氯浓度 Supplemental chloride concentrations (mmol · L ⁻¹) | 钙 Ca | | | 镁 Mg | | |
|---|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | 根 Root | 茎 Stem | 叶 Leaf | 根 Root | 茎 Stem | 叶 Leaf |
| 0 (对照 Control) | 0.33 a | 0.64 a | 0.80 c | 0.23 c | 0.18 d | 0.17 f |
| 6.25 | 0.33 a | 0.65 a | 0.80 c | 0.32 a | 0.26 c | 0.20 ef |
| 12.5 | 0.28 ab | 0.55 bc | 0.80 c | 0.32 a | 0.26 c | 0.23 de |
| 25 | 0.25 b | 0.50 c | 0.81 c | 0.32 a | 0.26 c | 0.26 cd |
| 50 | 0.24 b | 0.49 c | 0.81 c | 0.31 a | 0.28 bc | 0.29 bc |
| 100 | 0.23 b | 0.49 c | 0.84 c | 0.29 ab | 0.29 bc | 0.31 b |
| 200 | 0.24 b | 0.56 b | 0.92 b | 0.26 bc | 0.33 b | 0.32 b |
| 300 | 0.24 b | 0.64 a | 1.05 a | 0.26 bc | 0.40 a | 0.36 a |

2.3 不同浓度氯对番茄幼苗全氮、磷含量和叶片硝酸盐含量的影响

6.25 ~ 50 mmol · L⁻¹ Cl⁻ 处理下, 番茄幼苗叶全氮含量与对照差异不显著, 100 mmol · L⁻¹ Cl⁻ 处理下, 叶全氮含量显著上升, 进一步加大 Cl⁻ 处理强度, 叶全氮含量下降。而根、茎全氮含量随 Cl⁻ 处理浓度的增加先下降, 后上升, 再下降 (表 3)。氯对作物磷素吸收的报道不一致, 氯对水稻吸收磷有抑制作用, 过量氯所导致的渗透胁迫对水稻生长的抑制主要是直接伤害, 而对磷吸收的遏制并不是影响其产量、品质的直接原因^[2]。在小麦上的结果也表明, 在低磷土壤上, 氯显著抑制磷的吸收, 而在丰磷土壤上影响不明显^[2]。在富磷土壤上, 体内含磷并未因增施含氯化肥而减少, 而且老叶、茎中含磷量随施氯增加而显著升高^[2]。我们的研究表明, 不同浓度 Cl⁻ (6.25 ~ 300 mmol · L⁻¹) 的

表 3 不同浓度氯处理对番茄幼苗全氮、磷含量的影响

Table 3 Effects of different chloride on total N and P of tomato seedlings (mmol · g⁻¹DM)

| 氯处理浓度 Supplemental chloride concentrations (mmol · L ⁻¹) | 氮 N | | | 磷 P | | |
|---|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | 根 Root | 茎 Stem | 叶 Leaf | 根 Root | 茎 Stem | 叶 Leaf |
| 0 (对照, Control) | 10.15 c | 8.78 ab | 19.85 b | 7.65 a | 8.76 a | 6.75 b |
| 6.25 | 10.07 c | 7.14 c | 19.57 b | 7.35 a | 8.92 a | 6.93 b |
| 12.50 | 9.53 cd | 6.79 c | 19.66 b | 7.56 a | 9.05 a | 6.61 b |
| 25 | 9.19 de | 6.73 c | 19.75 b | 7.66 a | 8.79 a | 6.48 b |
| 50 | 8.55 e | 9.52 a | 20.23 b | 7.76 a | 8.97 a | 8.24 a |
| 100 | 10.37 e | 9.12 a | 23.78 a | 7.55 a | 9.14 a | 8.38 a |
| 200 | 13.56 a | 8.12 b | 20.04 b | 7.97 a | 8.95 a | 8.43 a |
| 300 | 11.70 b | 7.01 c | 15.34 c | 7.58 a | 8.67 a | 8.21 a |

Hoagland培养液 (磷较丰富) 培养下, 氯对磷吸收、分配的影响不明显, 甚至高氯处理下叶片中的磷含量显著上升 (表 3)。Cl⁻ 处理下幼苗叶片硝酸盐含量极显著降低, 随着处理浓度的增加, 下降愈显著, 50 ~ 200 mmol · L⁻¹ Cl⁻ 处理间的硝酸盐含量差异不显著 (图 2)。这表明外源氯 (6.25 ~ 50 mmol · L⁻¹ Cl⁻) 能明显提高氮素转化, 从而调节碳代谢, 甚至促进植物干物质增加。氯对氮素利用效率乃至对碳代谢的影响有待于进一步研究。

植物体内的硝酸盐主要分布在液泡内, Cl⁻ 降低植株体内 NO₃⁻ 含量很可能是由于植物液泡对 Cl⁻ 的吸收并封存, 从而使 NO₃⁻ 由阴离子通道进入液泡受到 Cl⁻ 的竞争性抑制, 而 Cl⁻ 在一定范围

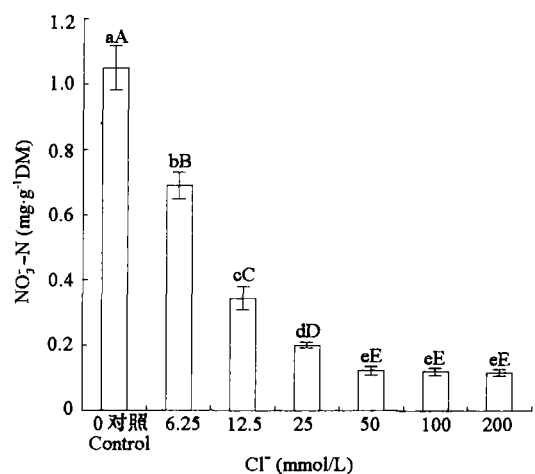


图 2 不同浓度氯处理对番茄幼苗叶片硝酸盐含量的影响

Fig 2 Effects of different chloride on leaf

NO₃⁻ - N content of tomato seedlings

内替代 NO_3^- 作为液泡中的无机渗透溶质也可能使得一部分液泡中的 NO_3^- 向细胞质转移,从而提高作物的氮素同化。如果是这样,含氯化肥的施用能提高作物的氮素利用效率就有了理论依据。遗憾的是迄今为止还没有试图将液泡中 NO_3^- 与 Cl^- 的相互作用与作物氮素的利用效率联系起来研究报道。 Cl^- 、 NO_3^- 跨液泡膜转运特征,揭示其相互作用机制,是一个崭新的课题,有待于进一步研究。

参考文献:

- 1 White P, Broadley M. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Annals of Bot*, 2001, 88: 967 ~ 988
- 2 毛知耘, 周则芳, 石孝均, 刘洪斌. 植物的氯素营养和含氯化肥的应用. *中国工程科学*, 2000, 2 (6): 64 ~ 66
Mao Z Y, Zhou Z F, Shi X J, Liu H B. Chlorine nutrition of plant and application of chlorine containing fertilizers. *China Engineering Science*, 2000, 2 (6): 64 ~ 66 (in Chinese)
- 3 田霄鸿, 李生秀, 刘建利, 侯继华. 氯化钠胁迫对大豆、菠菜和黄瓜幼苗氮吸收和积累的影响. *西北农业大学学报*, 1998, 26 (1): 26 ~ 30
Tian X H, Li S X, Liu J L, Hou J H. Influences of NaCl stress on nitrogen uptake and accumulation of soybeans, spinach and cucumber seedlings. *Acta Univ Agric Boreali-Occidentalis*, 1998, 26 (1): 26 ~ 30 (in Chinese)
- 4 Kingsbury R W, Epstein E. Salt sensitivity in wheat. *Plant Physiology*, 1986, 80: 651 ~ 654
- 5 张宪政. 作物生理研究法. 北京: 农业出版社, 1992. 148 ~ 149
Zhang X Z. Study method for crop physiology. Beijing: Agricultural Press, 1992. 148 ~ 149 (in Chinese)
- 6 陕西师范大学. 农业化学常用分析方法. 西安: 陕西科学技术出版社, 1980. 283 ~ 284
Shanxi Normal University. Analyse method in common use of agricultural chemistry. Xi'an: Technology press of Shaanxi, 1980. 283 ~ 284 (in Chinese)
- 7 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业出版社, 2000. 308 ~ 316
Soil Science Society of China. Analyse method of soil and agricultural chemistry. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2000. 308 ~ 316 (in Chinese)
- 8 邹 瑜. 植物生理生化实验指导. 北京: 中国农业出版社, 1995. 27
Zou Y. Experimental guidance to plant physiology and biochemistry. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1995. 27 (in Chinese)

欢迎订阅 2007年下列期刊

《西北园艺·蔬菜专刊》是全国优秀农业期刊。立足北方独特的生态和区位优势,扎根反季节菜、设施菜和外销菜基地,深入追踪菜业品种更新、技术创新、产业发展和市场动向,突出先进生产技术和实用经营方略,专心服务专业菜农和菜业一线人士。16开 64页,逢单月出版。2007年继续改版,增加信息量,增强针对性,期发文章 70篇以上。期价 4.00元,全年 6期 24.00元。邮发代号 52 - 223。特向 2007年度新老订户赠送本刊精编《2007年(农历丁亥年)农友历书》。

《西北园艺·果树专刊》是全国优秀农业期刊,陕西省优秀科技期刊,来自中国杨凌农科城故里,扎根苹果、梨、葡萄、猕猴桃等水果最佳优生区和果树设施栽培基地,深入追踪果业品种更新、技术创新、产业发展和营销动向,突出先进生产技术和实用经营方略,专心服务专业果农和果业一线人士。16开 64页,逢双月出版。2007年继续改版,增加信息量,增强针对性,期发文章 80篇以上。期价 4.00元,全年 6期 24.00元。邮发代号 52 - 224。特向 2007年度新老订户赠送本刊精编《2007年(农历丁亥年)果农历书》。

上述 2种期刊订 1份赠相应的“历书”1册,寄邮局订单复印件向本刊索赠。索要样刊信附 1.20元邮资即寄。地址:西安市习武园 27号;邮编:710003;电话:029 - 87322643。E-mail: sxnyzs@263.net