

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 、 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Cl}^-$ 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 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Cl}^-$ 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)。

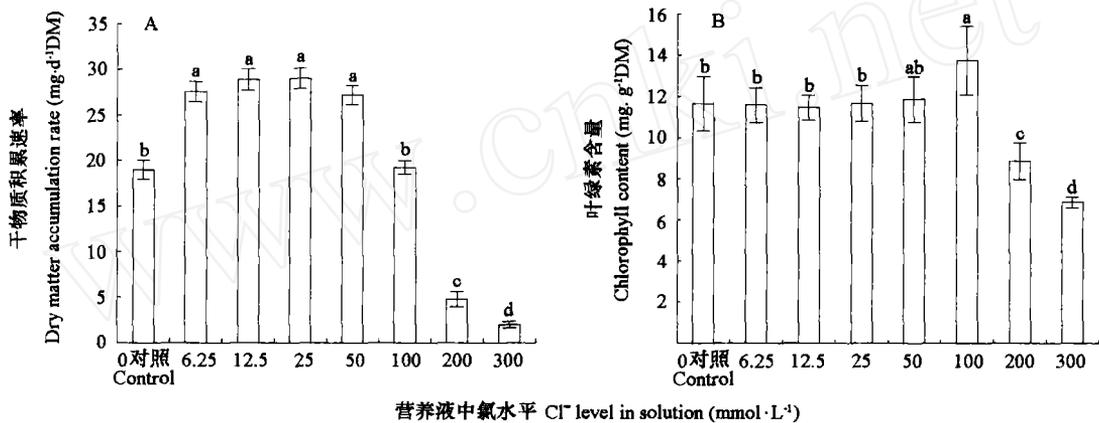


图1 不同浓度氯对番茄幼苗干物质积累速率 (A)、叶片叶绿素含量 (B) 的影响

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

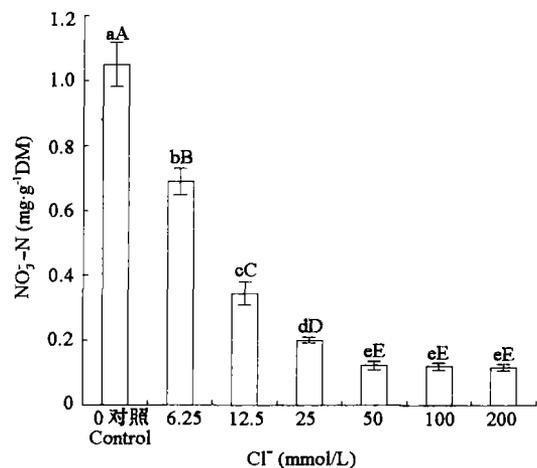


图 2 不同浓度氯处理对番茄幼苗叶片硝酸盐含量的影响

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:

- White P, Broadley M. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Annals of Bot*, 2001, 88: 967~988
- 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)
- 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)
- Kingsbury R W, Epstein E. Salt sensitivity in wheat. *Plant Physiology*, 1986, 80: 651~654
- 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)
- 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)
- 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)
- 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: sxnyzss@263.net