

咸水滴灌对棉花生长和离子吸收的影响

王艳娜, 侯振安*, 龚江, 肖丽, 马丽

(石河子大学农学院资源与环境科学系, 石河子 832003)

摘要:大田试验研究了膜下滴灌方式利用咸水灌溉对棉花生长和离子吸收分配的影响。结果表明,利用 $3.62 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 的微咸水进行灌溉,对棉花干物质积累量影响不大。棉株体内 Cl^- 、 Ca^{2+} 和 Na^+ 含量在棉花生育期内整体呈升高趋势。随着咸水浓度的增加, K^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 含量升高, Na^+ 浓度变化不大。较多的盐离子通过根部向地上部运输,向茎叶中积累,蕾铃积累较少。盐离子在棉株体内的这种区域化分布,有利于维持体内离子平衡,提高棉花耐盐性。研究认为灌溉水中的 Ca^{2+} 影响了盐胁迫对棉花生长和离子的吸收和分配。

关键词:咸水滴灌;棉花;生长;离子

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2007)06-0472-05

The Effect of Drip Irrigation with Saline Water on Growth and Ion Uptaking of Cotton

WANG Yan-na, HOU Zhen-an, GONG Jiang, Xiao Li, Ma Li

(Department of Resources and Environmental Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: A field experiment was carried out to evaluate the effects of irrigation with saline water at different salinity levels on growth and ion uptaking and distribution of cotton. The mulched drip irrigation was adopted. Cotton irrigated with $3.62 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ saline water did not affect the dry matter accumulation significantly. During the growing season, the Cl^- , Ca^{2+} and Na^+ concentration of cotton kept increasing. The K^+ , Cl^- and Ca^{2+} concentration rose, Na^+ concentration unchanged with increasing of water salinity levels. The majority of salt ion was transported from root to shoot, and then mostly accumulated in leaves and stems. The ion compartmentation in cotton which maintained the balance of ion of cotton could improve the salt tolerance. The Ca^{2+} in applied water might affect the uptaking and distribution of mineral composition in cotton.

Key words: drip irrigation with saline water; cotton; growth; ion

新疆地区 407.84 万 hm^2 耕地中,受不同程度盐化危害的面积 122.8 万 hm^2 , 占总耕地面积的 30.12%, 土壤和地下水含盐量普遍高,南疆地下水矿化度大多在 $5 \sim 10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。水资源缺乏和土壤盐渍化已成为新疆农业生产发展和生态环境改善的主要障碍因子。“九五”期间,膜下滴灌技术在新疆棉花生产中的推广应用,棉花的种植面积迅速扩大。棉花(*Gossypium hirsutum* L.)属于

耐盐能力较强的一类作物,已经成为该地区最重要的经济作物。研究认为利用咸水灌溉的关键是选择恰当的灌溉方式^[1-2]。应用咸水进行灌溉时,滴灌可降低盐分对作物生长的影响^[3-4]。从咸水资源灌溉利用现状来看,膜下滴灌为干旱半干旱地区有效的利用咸水和微咸水资源以及盐碱地的开发利用提供了有效的手段^[5]。本研究的主要目的是探讨膜下滴灌方式利用咸水灌溉对棉花生长

的以及棉花对离子吸收与分布的影响。从而对咸水滴灌条件下棉花耐盐性及耐盐机理进行探讨。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验于 2006 年 4 月至 10 月在石河子大学农学院实验站进行。试验区属于中温带干旱气候,试验地土壤为壤土,基础养分状况为碱解氮 $50.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷 $22.90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效钾 $170 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。供试作物是棉花,品种为新陆早 13 号。

1.2 试验设计与管理

试验设置灌溉方式为膜下滴灌,灌溉水矿化度设置三个水平,分别为淡水(不加盐)、加盐 2.5 和 $5.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,其电导率分别为 0.33 , 3.62 和 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 。咸水滴灌试验中灌溉水的盐化处理采用向水流中注入 NaCl 和 CaCl_2 ($1:1$ 重量比)混合溶液,以模拟含 Cl^- 、 Na^+ 和 Ca^{2+} 为主的矿化水。试验小区面积为 45 m^2 ,随机排列,重复 3 次,每个试验小区用黑色聚氯乙烯塑料膜隔离,隔离深度 100 cm 。2006 年 4 月播种,棉花出苗采用干播湿出的方法,咸水灌溉从 6 月开始,灌水、施肥措施参照当地大田。

1.3 取样与分析

从现蕾期开始,每次灌水前分别采集 3 株代表植株,分根、茎、叶(含叶柄)、蕾铃四部分,用无离子水冲净,置于烘箱 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 杀青 30 min , $60 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘干,称重。将烘干植株样品在粉碎机粉碎过 100 目筛,以 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 法消化后定容。全钾和钠离子采用火焰光度计进行测定,钙离子采用原子吸收光度计测定,氯离子则用莫尔法进行测定。

2 结果与分析

2.1 咸水滴灌对棉花干物质积累的影响

咸水灌溉致使棉花苗期的干物质积累量减少,但影响较小。虽然咸水灌溉导致现蕾期至花期(播种后 $49 \sim 76 \text{ d}$)的棉花长势下降,但在各处理间未达到显著差异。花期至铃期(播种后 $76 \sim 97 \text{ d}$), $3.62 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理降低了棉花干物质积累量,但差异不显著;而 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理则显著的降低了棉花干物质积累量。 3.62 和 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理对棉花铃期生长的影响有所减轻,可能是由于开花结铃盛期棉花耐盐能力最强造成的(表 1)。

表 1 咸水滴灌处理下棉花干物质质量的变化

| 灌溉水电导率 $/(\text{dS} \cdot \text{m}^{-1})$ | 播种后天数/d | | | | | | | |
|--|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | 49 | 66 | 76 | 86 | 97 | 106 | 113 | 141 |
| 0.39 | 3.43a | 10.64a | 20.34a | 41.16a | 47.84a | 48.55a | 52.23a | 74.20a |
| 3.37 | 3.32a | 8.05a | 17.03a | 39.50a | 42.43ab | 47.10a | 50.90a | 62.52b |
| 6.72 | 3.21a | 8.22a | 16.78a | 30.58b | 39.82b | 42.71a | 46.90a | 57.36b |

注:平均值后不同小写字母表示各处理在 5% 水平的显著性差异。

2.2 咸水灌溉对棉花离子含量动态变化的影响

2.2.1 K^+ 含量的动态变化与分布。棉株各部位 K^+ 浓度在棉花生育期内有一定的波动,变化较小; 3.62 和 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理与对照相比,根部与蕾铃部分的平均增加幅度分别为 15.13% , 24.15% 和 3.43% , 15.38% ;茎和叶部分的平均增加幅度分别为 37.64% , 64.29% 和 26.27% , 48.39% 。表明茎叶部分发生了显著的变化。咸水灌溉对棉花植株不同器官 K^+ 含量的影响程度为:茎 > 叶 > 根 > 蕾铃,表明盐胁迫下,棉花会通过选择性吸收 K^+ , 向地上部运输。

2.2.2 Cl^- 含量的动态变化与分布。棉株各部位 Cl^- 含量在棉花生育期内整体呈升高趋势。随着咸水浓度的增加, Cl^- 含量升高;棉株体内 Cl^- 浓度

梯为叶 > 茎 > 根 > 蕾铃,显示较多的 Cl^- 通过根部向地上部运输,但向蕾铃部分运输、积累较少。从图 2 中看出, 3.62 和 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理的 Cl^- 浓度都显著的高于对照,棉株根、叶和蕾铃部分的 Cl^- 浓度在 3.62 和 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理之间差异较小,棉花茎秆的 Cl^- 浓度在两个处理间则差异显著。

2.2.3 Na^+ 含量的动态变化与分布。棉花生育期内棉株体内各部位的 Na^+ 含量的影响基本相似,即从现蕾期至结铃期, Na^+ 含量维持在较低的水平;从结铃期至吐絮期期间,棉株各部位的 Na^+ 含量迅速增加,根、茎、叶和蕾铃的平均增幅为 108.58% , 113.92% , 79.50% 和 80.65% 。与对照相比,咸水灌溉处理的棉株体内 Na^+ 浓度变

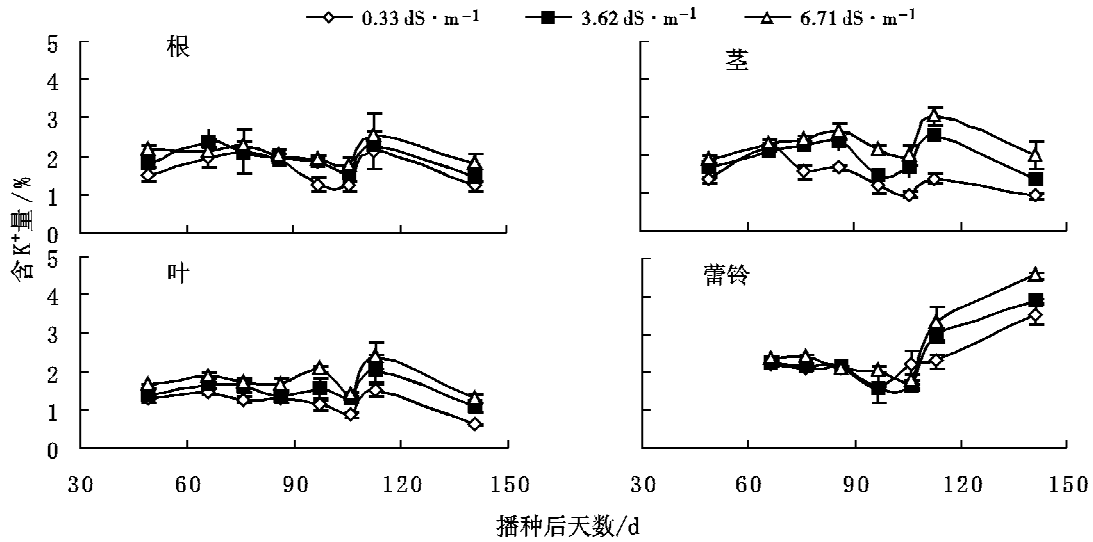


图 1 不同咸水灌溉处理棉花 K^+ 含量的动态变化与分布

Fig. 1 The effect of irrigation with saline water on the K^+ concentration and distribution in different organs of cotton during the growing season

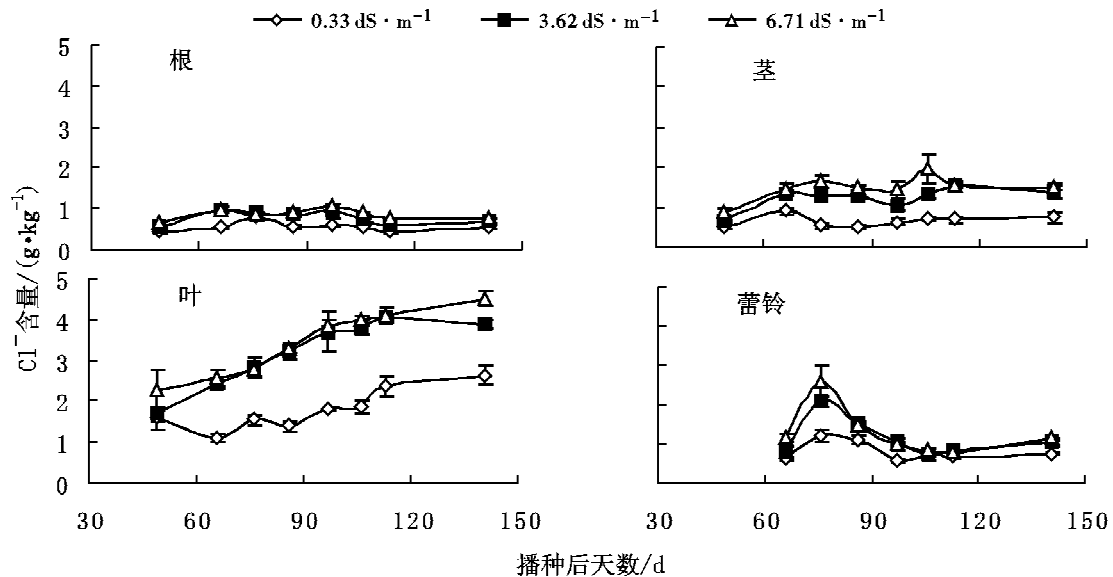


图 2 不同咸水灌溉处理棉花 Cl^- 含量的动态变化与分布

Fig. 2 The effect of irrigation with saline water on the Cl^- concentration and distribution in different organs of cotton during the growing season

化不大,浓度梯为叶>茎>根>蕾铃,蕾铃中的 Na^+ 含量相对较低,维持在 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下。

2.2.4 Ca^{2+} 含量的动态变化与分布。从图 4 中可以看出,茎、叶部分的 Ca^{2+} 离子含量在棉花生育期内呈增加趋势,而根与蕾铃部分则呈现先升后降的趋势。随着灌溉水矿化度的增加,棉株各部位的 Ca^{2+} 含量随之升高。与对照相比,3.62 和 $6.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 处理的根、叶与蕾铃部分的 Ca^{2+} 含量没有显著的变化,以棉花花铃期(播种后 76~97 d)为例,根部的增加幅度分别为 1.79% 和 19.26%,叶的增加幅度为 1.74% 和 7.68%,蕾铃部分的增加幅度为 17.87% 和 14.25%;而茎秆的

Ca^{2+} 含量则显著高于对照,其增幅分别为 66.66% 和 71.30%。棉株体内 Ca^{2+} 的浓度梯度为:叶片>茎>根。叶片中维持一定浓度的 Ca^{2+} ,对棉花耐盐性来说,具有重要意义。

3 结论与讨论

棉花作为耐盐作物,利用 $3.62 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 的微咸水进行灌溉,对棉花干物质积累影响不大。咸水滴灌导致了棉花长势下降,生育进程滞后。单盐 $NaCl$ 对地上部生长影响最大,在根部补充

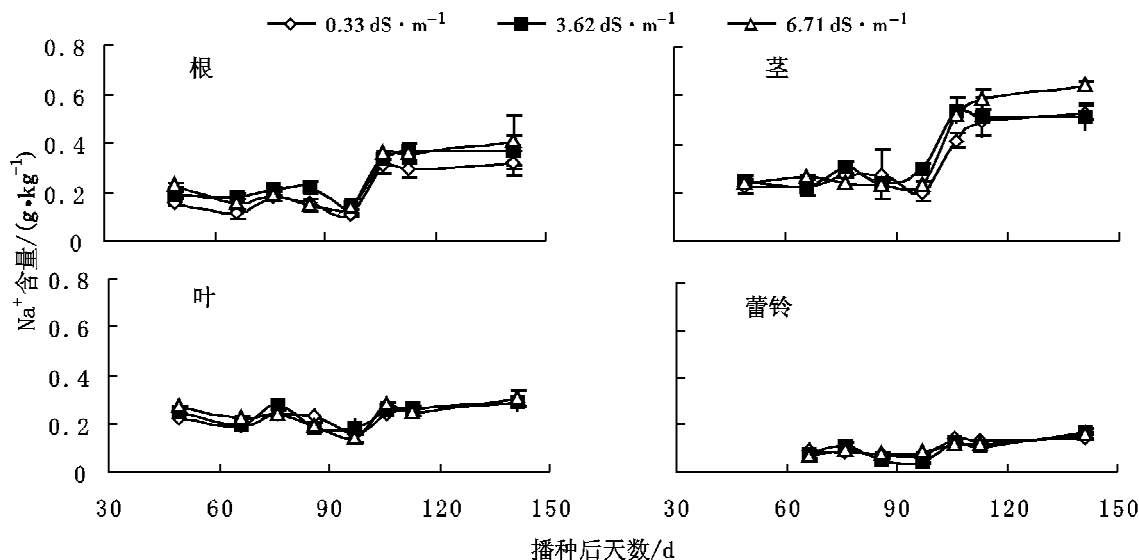


图 3 不同咸水灌溉处理棉花 Na⁺ 含量的动态变化与分布

Fig. 3 The effect of irrigation with saline water on the Na⁺ concentration and distribution in different organs of cotton during the growing season

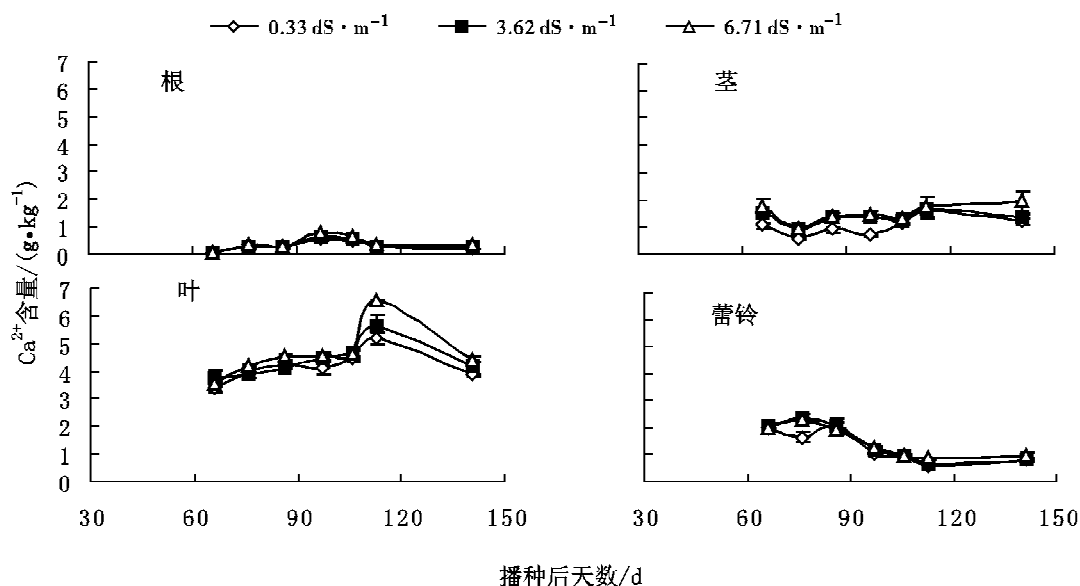


图 4 不同咸水灌溉处理棉花 Ca²⁺ 含量的动态变化与分布

Fig. 4 The effect of irrigation with saline water on the Ca²⁺ concentration and distribution in different organs of cotton during the growing season

Ca²⁺可以部分缓解单盐毒害。本研究采用向水流中注入 NaCl 和 CaCl₂ 混合溶液,灌溉水中的 Ca²⁺可能缓解了盐胁迫对棉花生长的抑制。

棉株 K⁺ 浓度在棉花生育期内整体呈下降趋势。在咸水滴灌处理条件下,棉株 K⁺ 含量随着咸水浓度的增加有不同程度的升高,这一结果与 G. Abdel Gawad^[6]对番茄作物进行咸淡混灌试验得到的结果是一致的。赵学良等^[7]在棉花苗期受到 NaCl 胁迫时得到了同样的研究结果。咸水灌溉对棉花植株不同器官 K⁺ 含量的影响程度为:茎>叶>根>蕾铃,表明盐胁迫下,棉花会通

过选择性吸收 K⁺,向地上部运输。棉花属于耐盐作物,耐盐作物往往通过选择性吸收 K⁺,提高 K⁺/Na⁺ 比来提高作物的耐盐性^[8]。

一般认为盐胁迫下棉株体内 K⁺ 含量降低^[9-10],NaCl 胁迫对叶片的影响最大,但以上研究结果都是在单纯的 NaCl 胁迫试验情况下得到的。本研究采用向水流中注入 NaCl 和 CaCl₂ 混合溶液,增加了土壤中的 Ca²⁺ 浓度,Ca²⁺ 在盐胁迫下可保护细胞的膜结构,且不影响植株体内 K⁺ 的含量^[11],可缓解盐对于棉花的胁迫作用;甚至增加对 K⁺ 的选择性吸收和运输,从而改善棉

苗体内的离子平衡^[12]。

棉花植株各部位 Cl⁻ 含量在棉花生育期内整体呈升高趋势。随着咸水浓度的增加, Cl⁻ 绝对含量升高。棉株体内 Cl⁻ 浓度梯为叶>茎>根>蕾铃, 显示较多的 Cl⁻ 通过根部向地上部运输, 但向蕾铃部分运输、积累较少。棉花植株体内这种区域化分布, 有利于缓解 NaCl 对其他离子的抑制, 维持体内离子平衡; 有利于减少 NaCl 对膜结构和功能的伤害, 提高棉花耐盐性^[13]。

与对照相比, 咸水滴灌处理的棉株体内 Na⁺ 浓度变化不大, 浓度梯为叶>茎>根>蕾铃。研究表明盐胁迫下, 棉花根茎木质部汁液中 Na⁺、Cl⁻ 浓度及叶片 Na⁺ 含量随着外界 NaCl 浓度增大而迅速上升^[14], 本研究采用向水流中注入 NaCl 和 CaCl₂ 混合溶液, 实验结果与以上研究结果不尽相同。Ca²⁺ 可促进 Na⁺ 在遭受盐胁迫的棉花根系中积累, 降低 Na⁺ 向地上部的运输^[12]。因此, 用 NaCl + CaCl₂ 或 NaCl + Na₂SO₄ + CaCl₂ + MgCl₂ 溶液处理, 棉花的地上部受到的盐害胁迫程度显著地轻于 NaCl 单盐处理^[15]。

随着灌溉水矿化度的增加, 棉株各部位的 Ca²⁺ 含量随之升高。棉花茎部的 Ca²⁺ 含量在 3.62 和 6.71 dS·m⁻¹ 咸水灌溉处理下则显著高于对照。棉株体内 Ca²⁺ 的浓度梯度为: 叶片>茎>根。棉花对 Ca²⁺ 的吸收、运输、分配受 NaCl 胁迫的影响, 在许多文献中研究结果差异较大, 有的认为 NaCl 强烈抑制棉根对 Ca²⁺ 的吸收、运输^[16-17], 有的认为影响不大^[18]。本研究灌溉水中的 Ca²⁺ 影响到了盐胁迫对棉花对养分与盐分离子吸收和分配。

参考文献:

- [1] 王卫光, 王修贵, 沈荣开, 等. 河套灌区咸水灌溉试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 92-96.
- [2] YOUSSEF R, Mariateresa C, Elvira R, et al. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions[J]. Agricultural Water Management, 2006, 82: 99-117.
- [3] MORENO F, Cabrera F, Fernández-Boy E, et al. Irrigation with saline water in the reclaimed marsh soils of south-west Spain: impact on soil properties and cotton and sugar beet crops [J]. Agriculture Water Management, 2001, 48: 133 - 150.
- [4] WANG D, Shannon M C, Grieve C M, et al. Ion partitioning among soil and plant components under drip, furrow, and sprinkler irrigation regimes: field and modeling assessments[J]. J Environ Quality, 2002, 31(5): 1684 - 1693.
- [5] 王全九, 徐益敏, 王金栋, 等. 咸水与微咸水在农业灌溉中的应用[J]. 灌溉排水, 2002, 21(4): 73-77.
- [6] ABDEL GAWAD G, Arslan A, Gaihbe A, et al. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria (1999-2002) [J]. Agricultural Water Management, 2005, 78: 39-53.
- [7] 赵学良, 张彦才. NaCl 胁迫对棉花苗期营养元素吸收与含量的影[J]. 河北农业大学学报, 1992, 15(2): 41-44.
- [8] CATALAN L, Balzarini Z, Talesnik E, et al. Effects of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa* (D. C.) [J]. Forest Ecology and Management, 1994, 63: 347-357.
- [9] 陈亚华, 沈振刚, 刘友良, 等. NaCl 胁迫下棉花幼苗的离子平衡[J]. 棉花学报, 2001, 13(4): 225-229.
- [10] 辛承松, 董合忠, 唐 薇, 等. 棉花盐害与耐盐性的生理和分子机理研究进展[J]. 棉花学报, 2005, 17(5): 309-313.
- [11] ASHRAF M. Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2002, 21: 1-30.
- [12] 郑青松, 王仁雷, 刘友良. 钙对盐胁迫下棉苗离子吸收分配的影响[J]. 植物生理学报, 2001, 27(4): 325-330.
- [13] 孙小芳, 刘友良, 陈 沁. 棉花耐盐性研究进展[J]. 棉花学报, 1998, 10(3): 118-124.
- [14] 赵可夫. NaCl 抑制棉花幼苗生长的机理离子效应[J]. 植物生理学报, 1989, 15(2): 173-178.
- [15] JANARDHAN K V, Murthy A S, Giriraja K, et al. Salt tolerance of cotton and potential use of saline water for irrigation[J]. Curr Sci, 1976, 45: 334-336.
- [16] CRAMER G R, Lauchli A, Epstein E. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton [J]. Plant Physiol, 1986, 81: 792-797.
- [17] CRAMER G R, Lynch J, Lauchli A, et al. Influx of Na⁺, K⁺, Ca²⁺ into roots of salt-stressed cotton seedling[J]. Plant Physiol, 1987, 83: 510-516.
- [18] 陈德明, 俞仁培. 作物相对耐盐性的研究 II. 不同栽培作物的耐盐性差异[J]. 土壤学报, 1996, 33: 121-128.