

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

汪贵斌¹, 曹福亮¹, 游庆方², 祁稳红²

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 姜堰市林业技术推广中心, 江苏 姜堰 225500)

摘要: 通过盆栽试验, 对我国南方银杏 (*Ginkgo biloba* L.)、侧柏 [*Platycladus orientalis* (L.) Franco]、火炬松 (*Pinus taeda* L.) 和刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.) 4 造林树种苗木叶片中 K^+ 、 Na^+ 浓度和 Na^+/K^+ 比进行了测定, 盐处理水平为 0.0% (CK)、0.1%、0.3% 和 0.5%。随着盐浓度的提高, 各树种叶片中 Na^+ 浓度和 Na^+/K^+ 有逐渐升高的趋势, 但 K^+ 浓度变化较小; 随着盐胁迫时间的推移, 各树种叶片中 Na^+ 、 K^+ 浓度和 Na^+/K^+ 比都没有明显的变化规律。方差分析和多层比较表明, 侧柏、火炬松和刺槐叶片中 Na^+ 、 K^+ 浓度和 Na^+/K^+ 比在 4 组处理间的差异均达显著或极显著水平。4 树种中刺槐和侧柏的耐盐能力最强, 银杏次之, 火炬松最弱。

关键词: 盐胁迫; 造林树种; 耐盐能力

中图分类号: Q948.113 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2001)01-0030-05

Effects of salt stress on concentrations of Na^+ , K^+ and Na^+/K^+ in the leaves of four tree species and evaluation of salt tolerance WANG Gui-bin¹, CAO Fu-liang¹, YOU Qing-fang², QI Weng-hong² (1.

College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Jiangyan Forestry Station, Jiangyan 225500, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(1): 30-34

Abstract: The purpose of the study was to investigate K^+ , Na^+ concentrations and Na^+/K^+ in the leaves of pot culture seedlings for four tree species, *Ginkgo* (*Ginkgo biloba* L.), Chinese arborvitae [*Platycladus orientalis* (L.) Franco], loblolly pine (*Pinus taeda* L.), yellow locust (*Robinia pseudoacacia* L.) with four levels of salinity treatment, 0.0% (CK), 0.1%, 0.3% and 0.5%. There was gradual increase in Na^+ concentration and Na^+/K^+ with increasing of salt level but no obvious change in K^+ . With the period of salt treatment there were no remarkable differences in K^+ , Na^+ concentrations and Na^+/K^+ among tree species studied. According to analysis of variance, the differences in K^+ , Na^+ and Na^+/K^+ of leaves for Chinese arborvitae, loblolly pine and yellow locust tree among four treatments were significant or very significant. The tolerance of four tree species to salt stress was assessed with most resistant in yellow locust and Chinese arborvitae, moderate resistant in *Ginkgo* and most sensitive in loblolly pine.

Key words: salt stress; tree species; salt-tolerance

近年来植物抗盐生理的研究已取得明显的进展, 在耐盐细胞系的培育、渗透调节基因的转移、野生植物抗盐基因的利用、盐生植物的开发、利用生长调节剂提高植物的耐盐性等方面获得了可喜的成果^[1,2], 对植物耐盐机理的研究也取得明显的进展^[3,4]。但是对植物耐盐性的研究, 大多选材于农作物, 木本植物则较少, 仅少数树种有过报道^[5-11]。本文对刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.)、银杏 (*Ginkgo biloba* L.)、侧柏 [*Platycladus orientalis* (L.) Franco]、火炬松 (*Pinus taeda* L.) 4 树种在盐胁迫下叶片的 Na^+ 、 K^+ 和 Na^+/K^+ 作了探讨, 并对其耐盐能力进行了评价, 为 4 树种在不同土壤含盐量的条件下造林

成功提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在南京林业大学树木园温室中进行, 选用砂壤土作为盆栽培养基。试验用苗取自江苏省句容县林场, 1996 年春将生长良好且生长势相对一致的

收稿日期: 2000-07-09

基金项目: 1994 年林业部重点指南课题 (94-08-02)

作者简介: 汪贵斌 (1970-), 男, 安徽歙县人, 硕士, 讲师, 主要从事造林及经济林栽培研究。

1年生实生苗移栽到规格为25cm×15cm×15cm花盆中,每盆栽植3株。供试树种为侧柏、刺槐、银杏和火炬松。盆栽试验采用完全随机试验设计,5月中旬,进行盐(NaCl)胁迫处理。将NaCl按土壤干重配制成一定浓度的水溶液,一次性施入土壤,盐处理计4个水平:CK(0.0%)、A(0.1%)、B(0.3%)和C(0.5%),每处理设7个重复。

1.2 试验方法

胁迫处理第8天开始采混合叶样,以后每隔8天采1次混合叶样,至胁迫处理结束,共采样4次。叶片经干燥、粉碎后待测。

钾(K⁺)和钠(Na⁺)浓度测定,采用硫酸-过氧化氢消煮法消化处理,用原子吸收光谱测定^[12]。

方差分析和多层比较、相关分析采用双向分组资料的方差分析(ANOVA过程)^[13]。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对4树种叶片中Na⁺浓度的影响

在盐渍条件下,植物对Na⁺和Cl⁻的吸收是平衡的,Na⁺和Cl⁻对植物的伤害作用相近,所以完全

可以用Na⁺的含量来说明由Na⁺和Cl⁻共同造成的对植物的毒害作用^[14]。4树种叶片中Na⁺浓度变化见图1。

从图1可知:随着盐浓度的增加,在同一时期测定的4树种叶片中Na⁺浓度都有逐渐升高的趋势,以火炬松和银杏的趋势最为明显;随着胁迫时间的延长,同一处理在不同时期各树种叶片中Na⁺浓度则没有明显的变化规律。

方差分析结果表明,在CK、A、B、和C四种处理间,银杏、刺槐和火炬松3树种叶片中Na⁺浓度的F检验差异达极显著水平($F = 7.57, P = 0.0041$; $F = 10.31, P = 0.0013$; $F = 53.29, P = 0.0001$),侧柏也达显著水平($F = 4.29, P = 0.0255$),但是,随时间的变化,各树种在同一处理水平时,叶片中Na⁺浓度的F检验差异不显著($F = 2.14, P = 0.1656$; $F = 0.97, P = 0.4490$; $F = 3.71, P = 0.0551$; $F = 1.06, P = 0.4118$)。

多层比较分析(表1)表明,银杏和火炬松叶片中Na⁺浓度在CK和A处理间差异不显著,其余处理间差异均达显著水平,说明土壤含盐量达0.3%时,与CK相比,银杏和火炬松叶片中Na⁺浓度发生

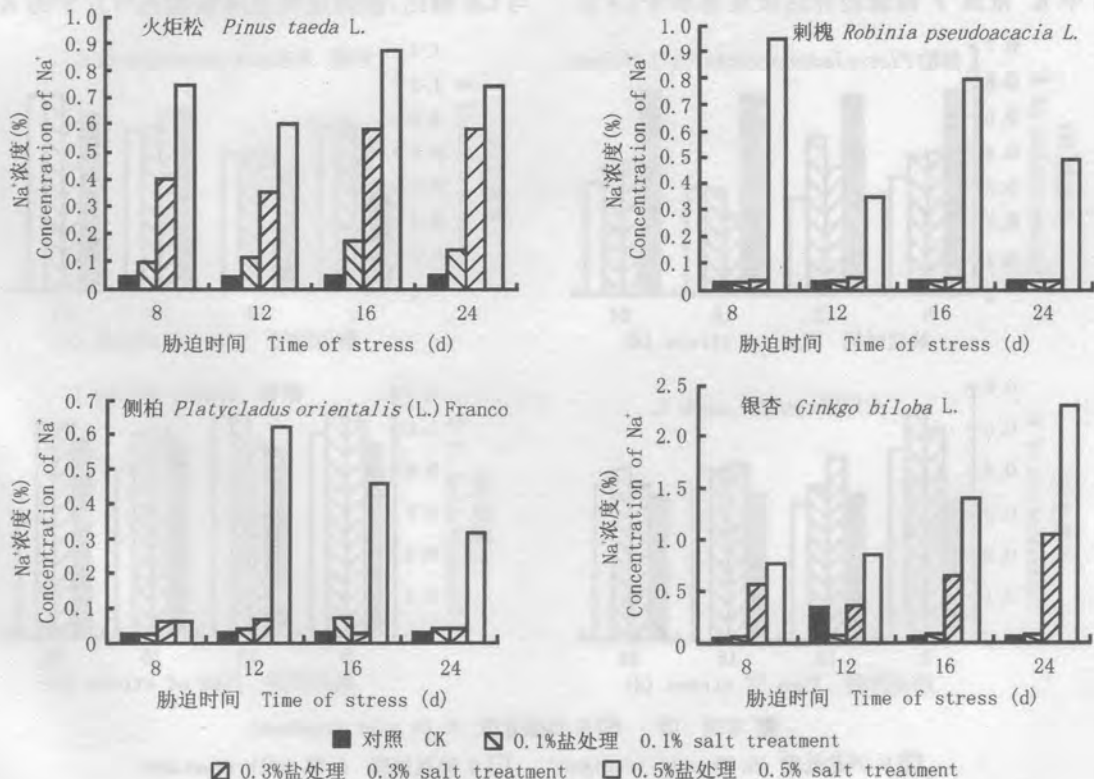


图1 4树种叶片中Na⁺的浓度
Fig. 1 The concentrations of Na⁺ in leaves of four tree species

表 1 4 树种叶片中 Na⁺、K⁺ 浓度和 Na⁺/K⁺ 的多层比较分析¹⁾
Table 1 Variance of K⁺, Na⁺ concentration and Na⁺/K⁺ in the leaves of four tree species seedlings¹⁾

树种 Tree species	Na ⁺	K ⁺	Na ⁺ /K ⁺
火炬松 <i>Pinus taeda</i> L.	CK ^a A ^a B ^b C ^c	CK ^a C ^a A ^b B ^b	CK ^a A ^a B ^b C ^c
银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L.	CK ^a A ^a B ^b C ^c	CK ^a C ^a A ^a B ^a	CK ^a A ^a B ^a C ^b
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	CK ^a A ^a B ^a C ^b	CK ^a C ^a A ^a B ^a	CK ^a A ^a B ^a C ^b
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	CK ^a A ^a B ^a C ^b	CK ^b C ^b A ^b B ^b	CK ^a A ^a B ^a C ^b

¹⁾ 相同小写字母表示差异不显著,不同小写字母表示差异显著 The same small-letter means no significant difference, and the different small-letter means significant difference. CK: 对照 control; A: 0.1%盐处理 0.1% salt treatment; B: 0.3%盐处理 0.3% salt treatment; C: 0.5%盐处理 0.5% salt treatment

明显变化;刺槐和侧柏叶片中 Na⁺ 浓度在 CK、A 和 B 处理间差异均不显著,只有 C 处理与 CK、A、B 之间差异达显著水平,说明土壤含盐量达 0.5% 时,与 CK 相比,刺槐和侧柏叶片中 Na⁺ 浓度才发生明显变化。

2.2 盐胁迫对 4 树种叶片中 K⁺ 浓度的影响

4 树种叶片中 K⁺ 浓度见图 2,可以看出,不同浓度的盐胁迫,对 K⁺ 浓度的影响没有明显的规律,但总体来说,与对照相比,银杏、刺槐和火炬松叶片中 K⁺ 的浓度较对照为高,而侧柏则较对照有所下降。随着胁迫时间的延长,同一处理在不同时期各树种叶片中的 K⁺ 浓度没有明显的变化规律。

方差分析表明,在 CK、A、B、C 各处理间,刺槐和侧柏叶片中 K⁺ 浓度 F 检验差异达极显著水平(F =

6.36, P = 0.007 4; F = 13.74, P = 0.000 4),火炬松也达显著水平(F = 4.05, P = 0.025 5),银杏叶片中 K⁺ 浓度的 F 检验差异不显著(F = 1.40, P = 0.3111)。在同一处理水平时,随时间的变化,只有刺槐叶片中 K⁺ 浓度的 F 检验差异达极显著水平(F = 11.2, P = 0.002 2),而火炬松、银杏、侧柏叶片中 K⁺ 浓度差异均不显著(F = 3.79, P = 0.052 2; F = 0.83, P = 0.508 2; F = 2.10, P = 0.170 0)。

多层比较分析表明(表 1),银杏、刺槐叶片中, K⁺ 浓度在各处理间差异均不显著,说明土壤含盐量对上述树种叶片中 K⁺ 浓度没有明显的影响;侧柏叶片中 K⁺ 浓度在 CK 与 A、B、C 处理间差异显著,说明与 CK 相比,盐胁迫明显降低侧柏叶片中的 K⁺ 浓度;

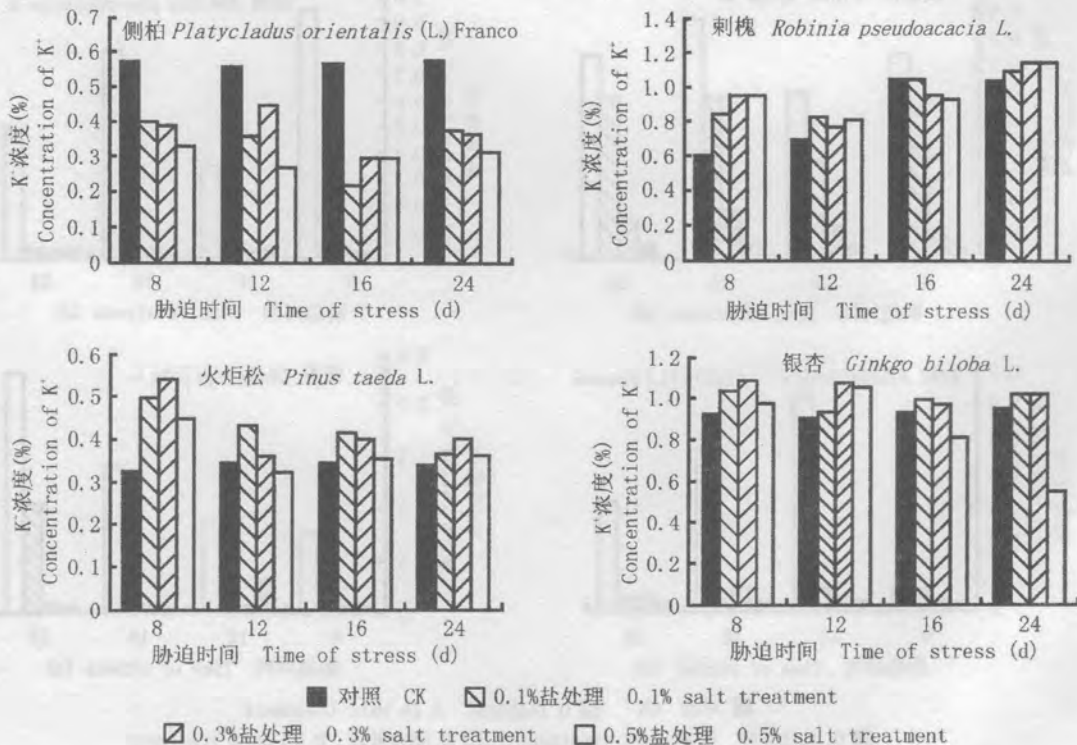


图 2 4 树种叶片中 K⁺ 的浓度
Fig. 2 The concentrations of K⁺ in leaves of four tree species

火炬松叶片中K⁺的浓度,在A、B处理与CK间差异达显著水平,但C处理与CK相比,差异并不显著。

2.3 盐胁迫对4树种叶片中Na⁺/K⁺比的影响

大麦耐盐性试验表明,耐盐品种叶片中有较低的Na⁺/K⁺比^[15],表明叶片中的Na⁺/K⁺比与植物种类的耐盐性可能有一定的联系。从图3可以看出,(1)随着盐浓度的增加,在同一时期测定的4树种叶片中Na⁺/K⁺比都有逐渐升高的趋势;(2)随着胁迫时间的延长,同一处理在不同时期,各树种叶片中Na⁺/K⁺比没有明显的变化规律。

方差分析结果表明,在CK、A、B、C处理间,火炬松和刺槐叶片中Na⁺/K⁺比的F检验差异达极显著水平($F = 48.2, P = 0.0001$; $F = 10.00, P = 0.0015$),侧柏也达显著水平($F = 3.92, P =$

0.0332),但银杏差异不显著($F = 3.34, P = 0.0512$)。各树种在同一处理水平时,随时间的变化,叶片中Na⁺/K⁺比的F检验只有火炬松差异达显著水平($F = 4.43, P = 0.0357$),其余3树种差异不显著。

多层比较分析表明(表1):银杏、刺槐和侧柏叶片中Na⁺/K⁺比在CK、A和B处理间差异不显著,其余处理间差异均达显著水平,说明土壤含盐量达0.5%时,与CK、A、B相比,上述树种叶片中Na⁺/K⁺比发生了显著的变化;火炬松叶片中Na⁺/K⁺比在CK和A处理间差异不显著,其余处理间差异均达显著水平,说明土壤含盐量达0.3%时,火炬松叶片中Na⁺/K⁺比发生了明显的变化。

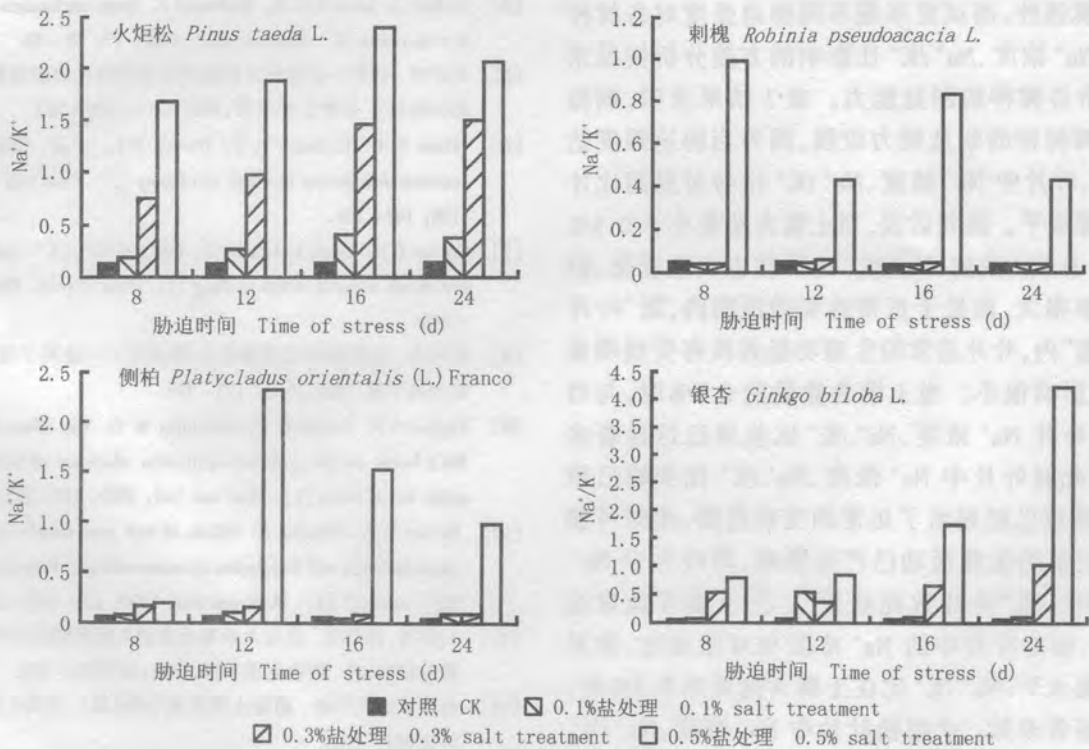


图3 4树种叶片中Na⁺/K⁺的比值
Fig. 3 The Na⁺/K⁺ in leaves of four tree species

3 结论与讨论

盐胁迫对植物生理生化的影响可以分为三方面:离子毒害、渗透胁迫和营养亏缺。离子毒害作用包括过量的有毒离子钠和氯对细胞膜系统的伤害,导致细胞膜透性的增大,电解质的外渗,以及由此而引起的细胞代谢失调;渗透胁迫是由于根系环境中

盐分浓度的提高、水势下降而引起的植物吸水困难;营养亏缺则是由于根系吸收过程中高浓度的Na⁺和Cl⁻离子存在,干扰了植物对营养元素K⁺、Ca²⁺和N的吸收,造成植物体内营养元素的缺乏,影响植物生长发育。决定林木耐盐能力的关键在于林木对Na⁺、K⁺和Cl⁻等离子体的吸收,即限制Na⁺和Cl⁻进入体内,选择性地吸收K⁺,才能提高其耐盐能力,所

以叶片中 Na^+ 和 Cl^- 的浓度是反映林木耐盐特性的良好指标。植物对 Na^+ 和 Cl^- 离子的吸收是平行的,而且 Na^+ 和 Cl^- 共同造成对植物的毒害作用^[14]。本项研究结果表明,随着盐胁迫的增强,叶片中 Na^+ 浓度和 Na^+/K^+ 比随之增高;随时间推移,4 树种叶片中 Na^+ 、 K^+ 浓度和 Na^+/K^+ 比则无明显的变化趋势,表明胁迫强度(土壤含盐量)是影响树木生长的主要因子,而胁迫时间则无显著影响。

随着盐胁迫程度的增强,叶片中 Na^+ 浓度增加,质膜透性逐渐增大,当叶片中 Na^+ 浓度超过一定程度时,细胞电解质大量外渗,此时叶片中的 Na^+ 浓度称为“叶片耐盐阈值”。当 Na^+ 浓度继续增加,超过某一限度时,电解质渗出率达到 50%,这时叶片中的 Na^+ 浓度称为“叶片致死盐量”。本研究没有测定叶片的质膜透性,而试图采用不同胁迫强度对各树种叶片中 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比影响的方差分析情况来直接评价各树种的耐盐能力。表 1 结果表明,刺槐和侧柏两树种的耐盐能力较强,因为当胁迫强度达 0.5% 时,叶片中 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比与对照相比才达到显著水平。换句话说,当土壤含盐量小于 0.5% 时,叶片中 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比虽然也发生变化,但变幅并非很大,尚处于正常的变动范围内,既“叶片耐盐阈值”内,叶片正常的生理功能并没有受到明显影响,或影响很小。当土壤含盐量达 0.5% 时,与对照相比,叶片 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比差异已达显著水平,表明此时叶片中 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比变幅已较大, Na^+ 浓度已经超出了正常的变动范围,此时可能对植株正常的生理活动已产生影响,即叶片中 Na^+ 浓度可能已达“叶片致死盐量”。在土壤含盐量达 0.3% 时,银杏叶片中的 Na^+ 浓度与对照相比,差异已达显著水平; Na^+/K^+ 比在土壤含盐量达 0.5% 时,才发生显著差异。火炬松叶片中 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比在土壤含盐量达 0.3% 时,差异都达显著水平。综上所述,如果仅从叶片中 Na^+ 浓度、 Na^+/K^+ 比来评价 4 树种的耐盐能力,以刺槐和侧柏最强,能在土壤含盐量 0.3%~0.5% 的土壤上生长;银杏次之,能在土壤含盐量 0.3% 左右的土壤上生长;火炬松则只能在土壤含盐量 0.3% 以下的土壤上

生长。通过方差分析得到的这种结果与生产实践基本一致,但要进一步了解 4 树种的耐盐能力,还需从叶片质膜透性、水势、游离脯氨酸含量、叶绿素含量和光合速率等方面作更深入的研究。

参考文献

- [1] Gramer G R, Epstein E. Effects of NaCl and CaCl_2 on ion activities in complex nutrient solutions and root of cotton [J]. *Plant Physiol*, 1986, 81: 792-797.
- [2] Lee E H, Byun J K, Steffens G L. Increased tolerance of plants to SO_2 , Chilling and heat stress by GA biosynthesis inhibitor paclobutrazol (PP333)[J]. *Plant Physiol (Suppl.)*, 1985, 77: 135.
- [3] 刘友良,毛才良,汪良驹. 植物耐盐性研究进展[J]. *植物生理学通讯*, 1987, (4): 1-7.
- [4] Gorham J, Jones R G W, McDonnell E. Some mechanisms of tolerance in crop plants [J]. *Plant and Soil*, 1985, 89: 15-40.
- [5] 吕芝香. 盐对小麦苗叶片脯氨酸氧化酶活性和游离脯氨酸累积的影响[J]. *植物生理学报*, 1992, 18(4): 376-382.
- [6] Ehret D L, Redmann R E, Harvey B L, et al. Salinity-induced calcium deficiencies in wheat and barley [J]. *Plant and Soil*, 1990, 128: 143-151.
- [7] Cramer G R, Lynch J, Lauchli A. Influx of Na^+ , K^+ and Ca^{2+} into root of salt stressed cotton seedling [J]. *Plant Physiol*, 1987, 83: 501-516.
- [8] 赵可夫. 盐抑制棉花幼苗生长的机理——盐离子效应[J]. *植物生理学报*, 1989, 15(2): 173-178.
- [9] Figdore S S, Gerloff G C, Gabelman W H. The effect of increasing NaCl levels on the potassium utilization efficiency of tomatoes grown under low-K stress [J]. *Plant and Soil*, 1989, 119: 295-303.
- [10] Marcar N E, Termaat A. Effects of root zone solutes on *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus biostata* seedlings: Responses to Na^+ , Mg^{2+} and Cl^- [J]. *Plant and Soil*, 1990, 125: 245-254.
- [11] 吕芝香,仲崇信. 盐对大米草幼苗游离氨基酸成分和脯氨酸含量的影响[J]. *植物生理学报*, 1982, (8): 393-398.
- [12] 南京农业大学编. 植物生理实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [13] 惠大丰,姜长鉴. 统计分析系统 SAS 软件实用教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.
- [14] Greenway H, Runa M. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes [J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 1980, 64: 531-538.
- [15] 毛才良,刘友良. 盐胁迫大麦体内的 Na^+ 、 K^+ 分配与叶片耐盐量[J]. *南京农业大学学报*, 1990, 13(4): 32-36.

(责任编辑:惠红)