

# 盐胁迫对甘草幼苗生长及其生理指标的影响

杨秀红, 李建民, 董学会, 段留生, 李召虎

(中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094)

**摘要:** 研究了不同盐浓度(0, 50, 100, 200 mmol/L)条件下甘草幼苗生长和生理生化各项指标, 结果表明, 随着盐浓度的升高, 甘草幼苗根长变化最小, 株高、鲜重和干重呈下降趋势, 但低盐浓度(50, 100 mmol/L)之间差异不明显; 叶绿素含量和叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  在低盐浓度下显著上升, 在高盐浓度(200 mmol/L)下显著下降; 电导率和 MDA、可溶性糖、脯氨酸含量以及 POD 和 CAT 都随盐浓度升高而上升, 而 SOD 和 ASP 在低盐浓度下上升, 在高盐浓度下下降。甘草幼苗的耐盐上限为 100~200 mmol/L。

**关键词:** 盐胁迫; 甘草; 幼苗; 生理指标

中图分类号: S567.71 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)04-0039-04

## Effects of Salt Stress on Growth and Some Physiological Indexes in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch Seedlings

YANG Xiuhong, LI Jianmin, DONG Xuehui, DUAN Liusheng, LI Zhao-hu

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Effects of NaCl on *Glycyrrhiza uralensis* Fisch seedlings was examined. The results showed that the shoot length, fresh mass and dry mass tended to decrease with the increasing of NaCl concentration. When NaCl concentration increased to 200 mmol/L, the chlorophyll contents and  $F_v/F_m$  decreased significantly. The relative membrane permeability, MDA, soluble sugars and proline contents increased significantly with salinity. POD and CAT activities increased, the SOD, CAT activities were tended to increase and then decreased with the increasing concentration. The results suggested that the maximum concentration of salt that *Glycyrrhiza uralensis* Fisch can tolerant was maybe between 100 and 200 mmol/L.

**Key words:** Salt stress; *Glycyrrhiza uralensis* Fisch; Seedlings; Physiological indexes

甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch)属豆科多年生草本植物,是最常用的中草药之一,俗有“十方九草”之称。随着中医药的发展和对甘草的开发利用,野生资源已远不能满足社会需求,发展甘草种植已成为必然趋势。

我国现有盐碱地  $2.7 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 其中  $7 \times 10^6 \text{ hm}^2$  为农田<sup>[1]</sup>。大面积盐碱地的存在和土壤盐渍化程度的加剧,已成为制约我国农业生产发展的重要因素。甘草具有抗寒、耐热、耐旱、抗盐碱等优良特性,在盐碱地和有盐渍化倾向的地区发展甘草种植,不仅能保护农田,还能促进农民增收,因此很有发展前途。

目前,有关甘草的研究大多集中于栽培技术、药理分析及临床应用等方面,对其抗盐碱特性及其机理的研究很少。本研究通过模拟方法,探讨了盐胁迫对甘草幼苗生长及其生理生化指标的影响,以期了解甘草耐盐特性提供理论基础。

### 1 材料和方法

供试材料为乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch),种子采于大兴试验站。种子发芽后采用 1/2 Hogland 营养液培养。苗龄达到 30 d 后,分设 4 个处理,NaCl 浓度分别为 0, 50, 100, 200 mmol/L。每处理

收稿日期: 2006-01-20

作者简介: 杨秀红(1981-),女,山西孝义人,在读硕士;主要从事甘草栽培生理方面的研究工作;李召虎为通讯作者。

设 3 次重复,每重复移植甘草幼苗 20 株。

在处理后第 3 d 和第 7 d,各处理分别取生长一致的植株 5 株,测定根长、株高、鲜重和干重等生长状况。在处理后第 7 d,以倒数第 2 展开叶为对象,分别采用叶绿素仪 SPAD-502 和叶绿素荧光仪 Finn-2100 测定叶绿素含量和光系统 II 的原初光能转化效率  $F_v/F_m$ ,各重复 5 次。在处理后第 7 d,以第 3 片以上展开叶为对象,各处理分别取样测定各项生理指标。膜相对透性以样品煮前电导率占煮后电导率的百分比表示;丙二醛(MDA)含量采用 TCA 法<sup>[2]</sup>;脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法<sup>[3]</sup>;可溶性糖采用蒽酮比色法<sup>[4]</sup>;超氧化歧化酶(SOD)活性根据 Giannopolitis 的方法测定<sup>[5]</sup>,以每单位时间内抑制光化还原 50% 的氮蓝四唑(NBT)为一个酶活力单位(U);过氧化物酶(POD)活性参考朱广廉等的方法<sup>[6]</sup>,以每分钟每单位质量的光密度变化值表示;过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法<sup>[7]</sup>测定,以每分钟减

少 0.1 个 OD240 值所需的酶量为 1 个酶活力单位(U/g);ASP(抗坏血酸氧化酶)活性按沈文飏、徐朗莱的方法<sup>[8]</sup>测定。

所测结果用 Excel 和 SAS 统计软件进行分析,平均值比较采用 LSD<sub>0.05</sub> 标准。

2 结果与分析

2.1 对幼苗生长的影响

如表 1 所示,无论是胁迫开始后第 3 d 还是第 7 d,随着盐浓度的升高,甘草根长、株高、鲜重和干重均出现下降的趋势,但各指标间有较明显的差异。根长第 7 d 的差异要明显小于第 3 d 的差异,第 7 d 的根长在 50 mmol/L 盐浓度下最大,而株高和鲜、干重则是第 7 d 的差异要明显大于第 3 d 的差异。除第 3 d 的株高外,株高和鲜、干重在 50, 100 mmol/L 盐浓度之间差异很小,而当盐浓度达到 200 mmol/L 时株高和鲜、干重又明显下降。

表 1 盐胁迫对甘草生长的影响

Tab 1 The effects of NaCl concentration on the seedling growth of *G. uralensis* Fisch

NaCl 浓度(mmol/L) NaCl concentration	根长(cm) Root length		株高(cm) Shoot length		鲜重(g) Fresh mass		干重(g) Dry mass	
	3d	7d	3d	7d	3d	7d	3d	7d
	3d	7d	3d	7d	3d	7d	3d	7d
0	15.8 a	18.5 b	4.8 ab	8.9 a	0.31 a	0.59 a	0.037 a	0.080 a
50	14.2 b	20.8 a	5.2 a	7.0 b	0.33 a	0.47 b	0.037 a	0.061 b
100	13.5 bc	18.8 b	4.6 b	6.9 b	0.31 a	0.47 b	0.034 ab	0.056 b
200	12.7 c	18.4 b	4.4 b	6.1 c	0.23 b	0.35 c	0.031 b	0.043 c

注:同列内不同字母表示达到 LSD<sub>0.05</sub>显著标准(下同)  
Note: Means followed by same letters in a column are not significantly different at P= 0.05

2.2 对叶绿素含量和叶绿素荧光参数的影响

叶绿素含量和叶绿素荧光参数是反映光合能力的重要指标。如图 1 所示,盐浓度在 50, 100 mmol/L 时,叶绿素含量和叶绿素荧光参数都较清水对照有

明显上升,表明较低的盐浓度并不影响甘草叶片的光合潜力;当盐浓度达到 200 mmol/L 时,叶绿素含量和叶绿素荧光参数出现明显下降,表明甘草叶片的光合潜力受到显著抑制。

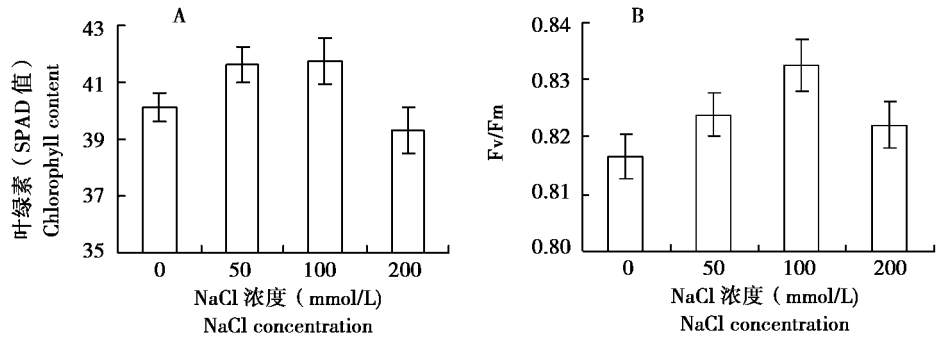


图 1 盐浓度对甘草幼苗叶绿素和叶绿素荧光参数的影响

Fig 1 Effects of NaCl concentration on chlorophyll content and  $F_v/F_m$  in leaves of *G. uralensis* Fisch seedlings

2.3 对膜透性和丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的主要产物,膜透性(以相对电导率表示)和 MDA 含量都可用来间接

地表示细胞膜的受伤程度。测定结果(图 2)显示,除了在 50, 100 mmol/L 盐浓度时 MDA 含量的差异不明显外,总的趋势是随着盐浓度的上升,电导率和

MDA 都出现显著升高, 盐浓度与电导率、MDA 含量之间表现出密切相关的趋势, 表明细胞膜的受伤程度与盐胁迫强度有关。

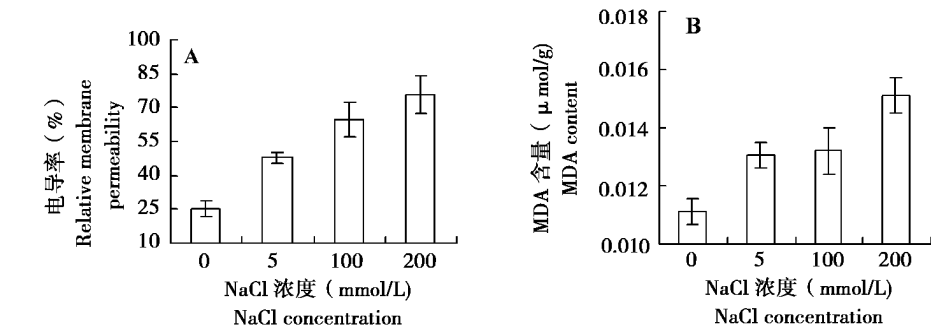


图2 盐浓度对甘草幼苗叶片膜透性和MDA含量的影响  
Fig. 2 Effects of NaCl concentration on relative membrane permeability and MDA content in leaves of *G. uralensis* Fisch seedlings

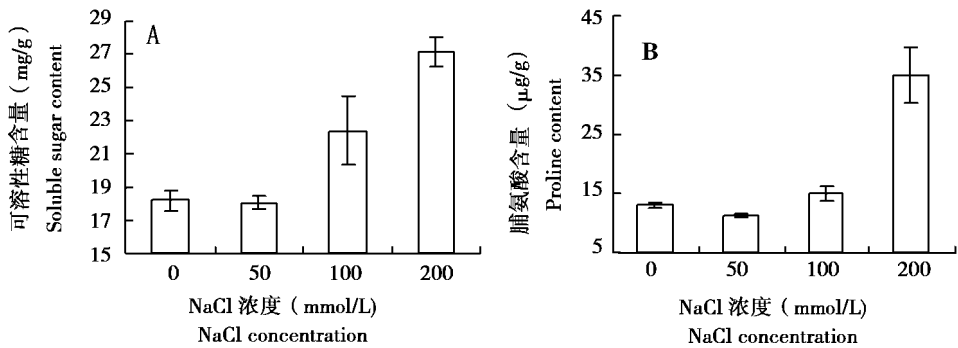


图3 盐浓度对甘草幼苗叶片可溶性糖和脯氨酸含量的影响

Fig. 3 Effects of NaCl concentration on soluble sugar and proline contents in leaves of *G. uralensis* Fisch seedlings

## 2.4 对可溶性糖和脯氨酸含量的影响

可溶性糖和脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质。如图3所示,在盐浓度为50 mmol/L时,甘草叶片可溶性糖含量与对照差异很小,脯氨酸含量有一定程度的下降。当盐浓度达到100 mmol/L以上时,可溶性糖和脯氨酸含量均出现上升的趋势。特别是在盐浓度达到200 mmol/L时,脯氨酸含量成倍地增加。这一结果表明,盐胁迫对脯氨酸含量的影响,可能存在一种阈值效应。

表2 盐分胁迫对甘草叶片氧化酶活性的影响

## 2.5 对氧化酶系统的影响

超氧化歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和(抗坏血酸氧化酶)ASP都属于植物体内的自由基清除剂,属保护酶系统。表2结果显示,随着盐浓度的升高,POD和CAT呈不断升高的趋势,SOD和ASP活性呈先升后降的趋势,即当盐浓度达到200 mmol/L时,SOD和ASP活性反而显著下降。这表明200 mmol/L的盐浓度对这2种酶已有明显的抑制作用。

## 3 讨论

盐胁迫对植物最普遍、最显著的影响就是抑制生长。生长特性是植物对盐胁迫的综合反应,也是植物耐盐性的最优评价指标<sup>[9]</sup>。叶绿素是捕获光能,同化CO<sub>2</sub>的基本色素,它直接反映光合效率和同化能力的大小。叶绿素荧光是表示光抑制的良好指标和探针。关于叶绿素和叶绿素荧光与盐胁迫的相关关系报道很多,还没形成统一的认识。本试验结果显示,在盐浓度为50,100 mmol/L时,对甘草的生

Tab 2 Effects of NaCl concentration on antioxidant

enzyme activities in leaves of *G. uralensis* Fisch seedlings

NaCl 浓度 NaCl concentration (mmol/L)	SOD 活性 SOD activity (U/g)	POD 活性 POD activity (ΔOD/(g·min))	CAT 活性 CAT activity (U/(g·min))	ASP 活性 ASP activity (ΔOD/(g·min))
0	146.5 b	89.2 c	9.1 c	1.18 b
50	155.5 ab	97.9 bc	5.3 d	1.42 a
100	163.1 a	115.1 b	19.1 b	1.56 a
200	121.4 c	152.4 a	23.5 a	1.13 b

长影响不大,而叶绿素和叶绿素荧光有上升的趋势。这可能与 Stroganov 等<sup>[10]</sup>通过对几种非盐生植物的研究认为,盐胁迫可以显著增大植物叶绿素含量、盐胁迫促进 PS II 功能<sup>[11]</sup>等结论相一致。

糖是调节渗透胁迫的小分子物质,在植物对盐胁迫的适应性调节中,是增加渗透性溶质的重要组成部分<sup>[12]</sup>。游离脯氨酸作为渗透调节物质,使植物保持一定的含水量与膨压势,以维持细胞的正常功能。同时,游离脯氨酸还作为一种贮藏形式的氮源,待植物逆境胁迫解除后用来参与叶绿素等物质的合成。一般认为当植物受到胁迫时,体内可溶性糖和游离脯氨酸积累增加<sup>[13]</sup>。

膜脂过氧化反应和保护酶系统已广泛用于植物对逆境的反应机理研究。植物在逆境下遭受伤害,往往发生膜脂过氧化作用,MDA 是膜脂过氧化作用的主要产物之一,其含量高低和质膜透性的大小都是膜脂过氧化强弱和质膜破坏程度的重要指标<sup>[14]</sup>。POD, SOD, CAT 和 ASP 均为植物体内自由基清除剂,属保护酶系统。逆境中保护酶活性增强或维持较高的水平,才能清除活性氧自由基使之保持较低水平,防止自由基对生物膜结构和功能的破坏。本试验结果表明,甘草受盐胁迫后,虽然细胞膜透性和 MDA 含量显著增加,表明细胞膜受到了一定程度的伤害,但由于 SOD, POD, CAT 和 ASP 等保护酶活性的增强,细胞避免了进一步的伤害,从而使甘草获得了较高的耐盐性。

综合各项指标判断,盐浓度从 50 mmol/L 上升到 100 mmol/L,甘草幼苗的生长和生理生化代谢基本正常,而盐浓度从 100 mmol/L 上升到 200 mmol/L 时,部分生长指标和生理生化指标开始出现异常,由此推断甘草幼苗的耐盐上限可能在 100~200 mmol/L 之间。

## 参考文献:

- [1] 章文华. 植物的抗盐机理与盐害防治[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(6): 479-482.
- [2] Gallego S M, Benavides M P, Tomaro M L. Effects Of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence involve of oxidative stress [J]. Plant Science, 1996, 121: 151-159.
- [3] 白宝璋, 汤学军. 植物生理学测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 76-157.
- [4] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学试验指导(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 127-128.
- [5] Giannopolitis C N, Rise S K. Superoxide dismutase I . Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 309-314.
- [6] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [7] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 沈文飏, 徐朗莱, 叶茂柄. 抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(3): 203-205.
- [9] Levitt J. Response of plants to environmental stress[M]. New York: Aedemic Press, 1980.
- [10] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 中国科技出版社, 1993: 230-231.
- [11] Ara E M, Virgin I, Andersson B. Photo inhibition and DI protein degradation in peas acclimated to different growth irradiance [J]. Plant Physiology, 1993, 103: 835-843.
- [12] Yokoi S J, Bressan R A, Hadegeawa P M. Salt stress tolerance of plants[R]. JIRCAS Working Report, 2002, 25-33.
- [13] 陈立松, 刘星辉. 果树逆境生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] 李明, 王根轩. 干旱胁迫对甘草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 生态学报, 2001, 22(4): 503-507.