

外源甘草酸对NaCl胁迫条件下甘草幼苗生长、根部甘草酸含量以及几种与盐胁迫相关生理指标的影响

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 50和100 mmol·L⁻¹ NaCl有利于甘草幼苗根部甘草酸积累。在200 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫下喷施甘草酸(5 mmol·L⁻¹), 可以明显促进根的生长, 提高叶片中叶绿素含量和叶绿素荧光参数 F_v/F_m , 降低叶片电导率、可溶性糖和脯氨酸含量, 增加根部甘草酸含量。

关键词 甘草; 幼苗; 甘草酸; NaCl胁迫

Effects of Exogenous Glycyrrhizinic Acid on the Seedling Growth, Glycyrrhizinic Acid Content of Roots and Some Physiological Indexes of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. Seedling under NaCl Stress

YANG Xiu-Hong, LI Jian-Min, DONG Xue-Hui, DUAN Liu-Sheng, LI Zhao-Hu*

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

Abstract The results showed that the glycyrrhizinic acid content increased at NaCl concentrations of 50 and 100 mmol·L⁻¹; but when NaCl concentration was raised to 200 mmol·L⁻¹, the glycyrrhizinic acid content decreased. Under salt stress (200 mmol·L⁻¹) condition, foliar spraying glycyrrhizinic acid could improve the root growth, increase the leaf chlorophyll contents, fluorescence parameter F_v/F_m and the glycyrrhizinic acid contents in roots as well and decrease the leaf conductance, soluble sugar and proline contents.

Key words *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.; seedlings; glycyrrhizinic acid; NaCl stress

甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.)属豆科多年生草本植物, 以根茎入药, 是最常用的中草药之一, 俗有“十方九草”之称。甘草的主要活性成分是甘草酸(glycyrrhizinic acid), 主要积累于根部。

甘草具有抗寒、耐热、耐旱、抗盐碱等优良特性, 是干旱半干旱地区重要的植物资源之一(张继等2000)。虽然甘草的抗逆性已广为人知, 但迄今, 对甘草抗逆性与甘草酸含量的关系还不十分明确。廖建雄和王根轩(2003)的研究表明, 适当的干旱胁迫有利于甘草酸的积累。我们先前的研究表明, NaCl浓度处在50或100 mmol·L⁻¹时, 甘草幼苗的生长和生理代谢基本正常, NaCl浓度达到200 mmol·L⁻¹时, 部分生理生化指标明显出现异常, 由此判断200 mmol·L⁻¹的NaCl浓度已对甘草已有相当程度的伤害。为了探讨甘草酸与盐胁迫的关系, 本文通过外施甘草酸的方法, 探讨200 mmol·L⁻¹ NaCl浓度下甘草酸代谢与甘草幼苗

抗盐性的关系, 以期为系统了解甘草耐盐特性提供参考。

材料与方 法

试验一: 材料为乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.), 种子采于大兴试验站。种子播种于装有等量蛭石和草炭土的培养钵(体积1 L)中, 苗龄达1个月后选取整齐一致的植株, 第35天开始作NaCl处理, 每个处理20株。处理方法参照王丽燕和赵可夫(2005)采用的方法: NaCl浓度分别为0、50、100、200 mmol·L⁻¹, 每盆浇灌500 mL的溶液, 3 d后再浇1次, 培养钵下面垫有托盘。保证盐溶液不致流失; 胁迫7 d后,

收稿 2006-01-16 修定 2006-05-16
资助 国家高技术研究发展计划(“863”计划)项目(2003AA241170)。
*通讯作者(E-mail: lizhaohu@cau.edu.cn, Tel: 010-62733427)。

取样测定根部甘草酸含量变化, 重复3次。

试验二: 甘草幼苗苗龄1个月后喷施5 mmol·L⁻¹的甘草酸溶液。共设4个处理, 每个处理40株。处理分别为对照: 喷浇等量的水; 甘草酸: 处理开始时叶面喷甘草酸1次, 后在处理第4天和第7天各再喷甘草酸1次; NaCl胁迫: 处理后第4天进行NaCl (200 mmol·L⁻¹)胁迫处理; 甘草酸+NaCl胁迫: 处理开始时喷甘草酸1次, 在处理第4天(胁迫第1天)进行胁迫处理的同时喷甘草酸, 第7天(胁迫第3天)再喷1次甘草酸。各处理均在处理开始后第10天(胁迫开始后第7天)取样, 分别取生长一致的植株叶片测定各项生理指标, 取根部测定甘草酸含量变化。

以倒数第二展开叶为对象, 分别用叶绿素仪SPAD-502和叶绿素荧光仪PAM-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 , 各处理均重复5次。膜相对透性以所取叶片煮前电导率占煮后电导率的百分比表示。所取叶片在液氮

中速冻后用于以下指标的测定: 脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法(张殿忠等1990); 可溶性糖采用蒽酮比色法(张志良和瞿伟菁2003); 甘草酸含量采用高效液相色谱法(付玉杰等2005)。以上各指标测定均重复3次。

实验结果

1 NaCl胁迫和外源甘草酸对盐胁迫下甘草幼苗生长和根部甘草酸含量的影响

表1、图1和图2显示:

(1) 喷施外源甘草酸后, 根长、茎长和地上部重量都显著下降, 但根重量下降不明显; 在NaCl胁迫下, 甘草幼苗的根长、茎长、根重量都显著下降, 但地上部重量下降不明显, 这一点正好与甘草酸处理的相反。在NaCl胁迫下喷施甘草酸后, 与甘草酸处理相比, 各项生长指标都没有明显变化; 与NaCl胁迫处理相比, 根长和根重量都显著增加, 但茎长和地上部重量下降(表

表1 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草幼苗生长的影响

Table 1 The effects of exogenous glycyrrhizinic acid on the seedling growth of *G. uralensis* under NaCl stress

处理	根长/cm	茎长/cm	根鲜重/ mg·株 ⁻¹	地上部鲜重/ mg·株 ⁻¹	根干重/ mg·株 ⁻¹	地上部干重/ mg·株 ⁻¹
对照	11.28 ^a	3.58 ^a	139.0 ^a	161.7 ^a	31.8 ^a	29.2 ^a
甘草酸	9.22 ^b	2.40 ^b	128.8 ^{ab}	120.3 ^b	29.8 ^a	22.0 ^b
NaCl胁迫	7.78 ^c	2.48 ^b	95.8 ^c	146.7 ^a	22.5 ^b	25.7 ^{ab}
NaCl胁迫+甘草酸	9.64 ^b	2.28 ^b	112.5 ^b	113.0 ^b	27.2 ^a	21.3 ^b

甘草酸浓度: 5 mmol·L⁻¹, NaCl浓度: 200 mmol·L⁻¹。同列内不同字母表示达到LSD_{0.05}显著水平。图1~5同此。

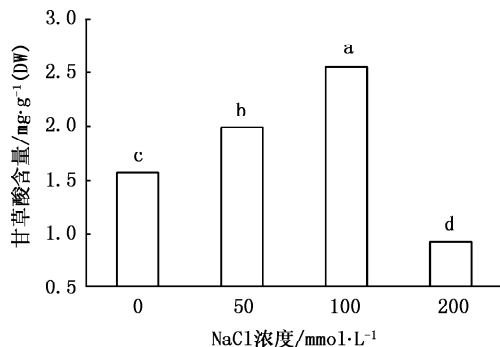


图1 NaCl胁迫对甘草幼苗根部甘草酸含量的影响
Fig. 1 The effects of NaCl stress on glycyrrhizinic acid contents in roots of *G. uralensis* seedling

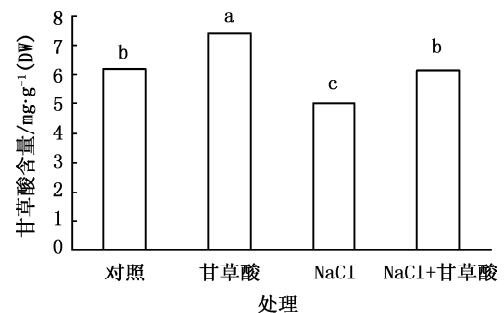


图2 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草幼苗根部甘草酸含量的影响
Fig. 2 The effects of exogenous glycyrrhizinic acid on glycyrrhizinic acid contents in roots of *G. uralensis* under NaCl stress

1)。这些结果表明, 叶面喷施甘草酸对地上部的抑制作用明显大于地下部, 在NaCl胁迫条件下根的生长还会受到促进。

(2)在低浓度(50、100 mmol·L⁻¹) NaCl下, 植株根部的甘草酸含量出现明显的增加, 但在高浓度(200 mmol·L⁻¹) NaCl胁迫下, 甘草酸含量反而下降(图1)。这表明一定浓度的NaCl有利于甘草酸的积累, 而高浓度的NaCl会破坏甘草的正常生长与甘草酸的合成和积累。

(3)喷施甘草酸后, 甘草根部的甘草酸含量显著增加; NaCl胁迫条件下, 则明显下降; NaCl胁迫条件下喷施甘草酸后的甘草酸含量比NaCl胁迫条件下的显著增加(图2)。

2 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草叶片电导率的影响

喷施甘草酸后, 相对电导率出现一定程度的下降; 在NaCl胁迫条件下, 则显著增加; NaCl胁迫条件下喷施甘草酸的电导率比NaCl胁迫条件下的显著下降(图3)。表明喷施甘草酸可以削弱NaCl胁迫对细胞膜的伤害。

3 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草叶片叶绿素含量和叶绿素荧光参数的影响

喷施甘草酸后, 叶绿素含量显著提高, 但叶绿素荧光参数 F_v/F_m 变化不明显; 在NaCl胁迫条件下, 叶绿素含量和 F_v/F_m 都明显下降; 在NaCl胁迫条件下喷施甘草酸, 叶绿素含量和 F_v/F_m 都比NaCl胁迫条件下的显著提高(图4)。

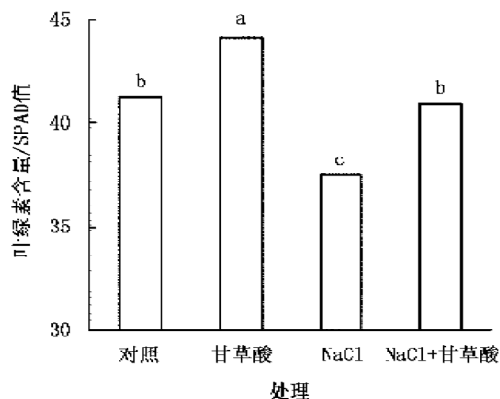


图4 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草叶片叶绿素含量和叶绿素荧光参数的影响

Fig. 4 The effects of exogenous glycyrrhizinic acid on chlorophyll content and fluorescence parameter F_v/F_m of *G. uralensis* leaves under NaCl stress

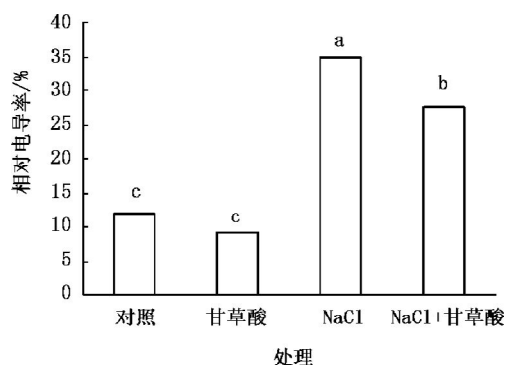


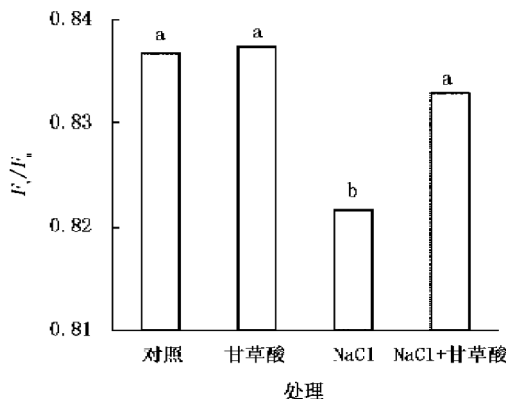
图3 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草叶片相对电导率的影响
Fig. 3 The effects of exogenous glycyrrhizinic acid on relative conductivity of *G. uralensis* leaves under NaCl stress

4 外源甘草酸对NaCl胁迫下甘草叶片中可溶性糖和脯氨酸含量的影响

喷施甘草酸后, 叶片的可溶性糖含量显著降低, 但脯氨酸含量变化不明显; 在NaCl胁迫条件下, 可溶性糖和脯氨酸含量都出现大幅度上升; 在NaCl胁迫条件下喷施甘草酸, 可溶性糖和脯氨酸含量都显著下降(图5)。

讨论

甘草酸是甘草的主要活性成分, 是评价药材、成药质量的重要指标。廖建雄和王根轩(2003)的研究表明, 轻度干旱胁迫会导致根部甘草酸含量增加。本文结果表明, 浓度相对较低(50、100 mmol·L⁻¹)的NaCl胁迫下, 甘草酸含量



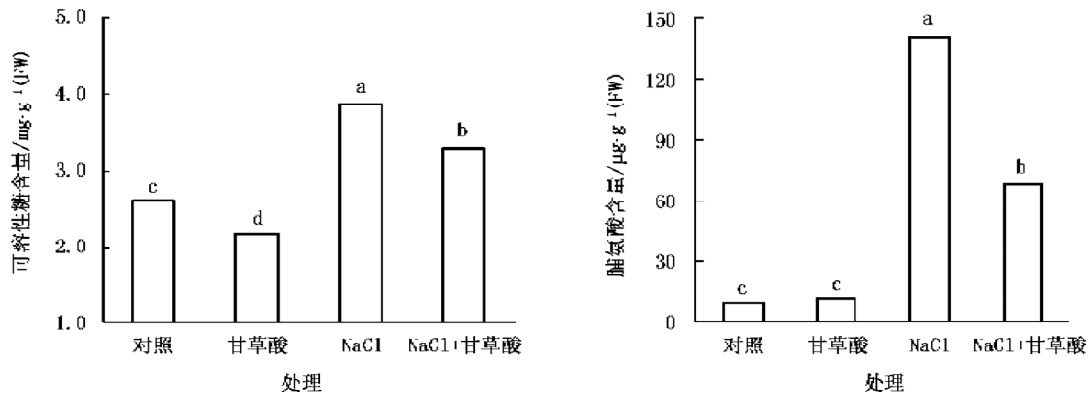


图5 外源甘草酸对盐胁迫下甘草叶中可溶性糖和脯氨酸含量的影响
 Fig. 5 The effects of exogenous glycyrrhizic acid on soluble sugar and proline contents of *G. uralensis* leaves under NaCl stress

增加(图1)。我们未发表的工作表明, NaCl 胁迫下甘草幼苗生长量有下降趋势, 这暗示甘草酸含量的增加可能与生长量的减少有关。在生物量下降的同时, 甘草酸含量的增加表明植株的甘草酸代谢是正常的, 因此认为适度的 NaCl 胁迫有利于提高甘草药材品质。在较高的 NaCl 浓度(200 mmol·L⁻¹) 胁迫条件下, 甘草酸含量降低, 这可能是植株中甘草酸代谢不正常造成。

植株生长是植物对盐胁迫的一种综合反应, 也是植物耐盐性的评价指标之一(Levitt 1980)。叶绿素是捕获光能和同化 CO₂ 过程中的基本色素, 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(惠红霞等 2004)。本文结果表明, 在盐胁迫条件下施加外源甘草酸, 甘草幼苗的叶绿素含量和叶绿素荧光参数比盐胁迫的都显著增加; 根部的损伤作用明显小于地上部, 根冠比增大, 因而甘草酸含量增加, 说明外源甘草酸可削弱盐胁迫对甘草幼苗生

长的抑制, 于是甘草酸得以积累。与盐胁迫相关的相对电导率、可溶性糖和脯氨酸含量变化规律与之相呼应也说明了这一点。

参考文献

- 付玉杰, 赵文灏, 侯春莲, 刘晓娜, 施晓光, 祖元刚(2005). 超声提取-高效液相色谱法测定甘草中甘草酸的含量. 植物研究, 25 (2): 210~212
- 惠红霞, 许兴, 李前荣(2004). NaCl胁迫对枸杞叶片甜菜碱、叶绿素荧光及叶绿素含量的影响. 干旱地区农业研究, 22 (3): 109~113
- 廖建雄, 王根轩(2003). 甘草酸在甘草适应荒漠生境中的可能作用. 植物生理学通讯, 39 (4): 367~370
- 王丽燕, 赵可夫(2005). 玉米幼苗对盐胁迫的生理响应. 作物学报, 31 (2): 264~266
- 张殿忠, 汪沛洪, 赵会贤(1990). 测定小麦叶片游离脯氨酸的方法. 植物生理学通讯, 26 (4): 62~65
- 张继, 姚健, 丁兰, 郭守军, 杨永利(2000). 甘草的利用研究进展. 草原与草坪, 89 (2): 12~16
- 张志良, 瞿伟菁(2003). 植物生理学试验指导. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 127~128
- Levitt J (1980). Response of Plants to Environmental Stresses. New York: Academic Press, 102~106