

文章编号 :1003- 8701(2012)03- 0022- 03

硅对盐胁迫下水稻幼苗保护酶活性和离子吸收的影响

叶利民

(上饶师范学院生命科学学院,江西 上饶 334001)

摘要:以水稻(*Oryza sativa* L.)为试验材料,采用叶面喷施 K_2SiO_3 的方法,研究了不同浓度硅处理对盐胁迫下水稻幼苗叶片保护酶活性及离子吸收的影响。结果表明,盐胁迫下水稻叶片 SOD、POD 活性均显著降低,MDA 含量显著提高,喷施 1.0~2.0 mmol/L K_2SiO_3 处理显著提高了水稻叶片 SOD 和 POD 活性,降低了 MDA 含量,减轻了盐胁迫下叶片膜脂过氧化程度。盐胁迫显著降低了地上和地下部分对 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收,增加了对 Na^+ 的吸收,1.5~2.5 mmol/L K_2SiO_3 处理可显著增加水稻幼苗地上、地下部分 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的积累,降低 Na^+ 的积累。硅处理的最佳浓度为 1.5 mmol/L。另外,叶面喷施硅后,水稻茎秆中 SiO_2 的含量提高了,茎秆的抗倒伏能力增强。

关键词:硅;盐胁迫;水稻;保护酶活性;离子吸收

中图分类号:S511

文献标识码:A

Effects of Silicon on Antioxidant Enzymes Activities and Ions Uptake of Rice Seedlings under Salt Stress

YE Li-min

(College of Life Science, Shangrao Normal University, Jiangxi Shangrao 334001, China)

Abstract: The effects of silicon on antioxidant enzymes activities and ion content of rice under the salt stress were studied by the method of K_2SiO_3 foliar spraying. The results showed that the SOD and POD activities were significantly decreased and the MDA content was significantly increased under salt stress. 1.0- 2.0 mmol L^{-1} K_2SiO_3 treatment significantly promoted SOD and POD activities, reduced the MDA content and alleviated the level of membrane lipid oxidation in rice seedlings under the salt stress. Salt stress significantly reduced K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} uptake of shoot and root but increased Na^+ uptake. 1.5- 2.5 mmol L^{-1} K_2SiO_3 treatment significantly increased the K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} accumulation of shoot and root, but decreased Na^+ accumulation. 1.5 mmol L^{-1} was the best concentration of silicon to alleviate the salt injury of rice. In addition, the SiO_2 content of rice stalk was improved after silicon treatment, so the stalk was lodging resistant.

Keywords: Silicon; Salt stress; Rice; Activity of antioxidant enzymes; Ions uptake

土壤盐渍化是灌溉农业的重要问题之一,世界上盐渍化土壤占耕地面积的 10%,随着工业污染加剧和化肥使用不当等原因,次生盐碱化土壤面积有不断增加的趋势,给农业生产造成重大损失^[1]。水稻是我国重要的粮食作物之一^[2]。因此,

有目的地提高栽培水稻抗盐性,对于扩大水稻栽培面积和提高水稻产量意义重大。

近年来,国内外许多研究已经表明,硅有利于促进水稻的光合作用^[3],降低叶面蒸腾强度,提高其抗旱性能^[4],增加水稻对重金属的忍耐性^[5],增加水稻的产量^[6]等。但关于硅能否改善盐胁迫下水稻生长的研究未见报道。本文以杂交稻为试验材料,通过叶面喷施不同浓度 K_2SiO_3 的方法,研究了硅对盐胁迫下水稻叶片保护酶活性和膜脂过

收稿日期:2012-03-03

基金项目:上饶师范学院科研基金资助项目(1205)

作者简介:叶利民(1975-),男,硕士,讲师,从事植物生理学研究。

氧化以及地上部分和根系中矿质元素离子含量的影响,从而进一步阐明硅提高水稻耐盐性的生理机制,为盐渍土水稻的栽培提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

水稻品种:杂交稻 优 416。

1.2 试验处理和设置

选择子粒饱满一致的水稻种子,用 70%的酒精进行表面消毒 5 min,自来水充分冲洗,然后用蒸馏水浸种 24 h,播种于垫有一层滤纸,直径为 9 cm 的玻璃培养皿中培养,每个培养皿中放 200 粒种子。每个培养皿中加入等量的 Hoagland 营养液,放置在恒温光照培养箱中培养(培养条件:光照强度为 $450 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,光周期 12 h,温度 30°C ,相对湿度 80%)。待幼苗培养至两叶一心时,挑选长势均匀的幼苗移栽到容量为 2 L 的塑料桶中培养,每桶植稻苗 5 株,每天通气 1 h,每周更换一次营养液。设置以下 7 个处理,CK:营养液;NaCl:营养液 + 100 mmol/L NaCl;NaCl+Si:营养液 + 100 mmol/L NaCl+1.0 mmol/L K_2SiO_3 ;营养液 + 100 mmol/L NaCl+1.5 mmol/L K_2SiO_3 ;营养液 + 100 mmol/L NaCl+2.0 mmol/L K_2SiO_3 ;营养液 + 100 mmol/L NaCl+2.5 mmol/L K_2SiO_3 ;营养液 + 100 mmol/L NaCl+3.0 mmol/L K_2SiO_3 ,每处理重复 3 次。在移栽一周后进行喷施 K_2SiO_3 处理,每桶的喷施量均为 40 mL,对照喷施相同体积的蒸馏水,每隔一周喷施 1 次,连续处理 3 次后测定相关指标。

1.3 测定指标

过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[7];超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用比色法^[7];丙二醛(MDA)含量测定采用 TBA 显色法^[7]。钾、钠、钙、镁含量的测定: $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮,原子吸收分光光度计测定。茎秆 SiO_2 含量测定:按照戴伟民^[10]的方法。以上各指标的测定每个处理均重复 3 次,结果取平均值。

1.4 数据处理

用 Excel 进行数据统计整理,DPS6.55 版软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 硅对盐胁迫下水稻幼苗保护酶和膜脂过氧化的影响

SOD、POD 是清除超氧自由基酶系统中最重要的酶,MDA 是膜脂过氧化作用的主要产物之一,其含量的高低是反映细胞膜脂过氧化作用强弱的重要指标。如表 1 所示,盐胁迫下水稻叶片 SOD、POD 活性均显著降低,MDA 含量显著提高,外源硅提高了盐胁迫条件下 POD、SOD 活性,降低了叶片 MDA 含量,不同程度地减轻了盐胁迫对水稻幼苗的伤害。其中 1.0~2.0 mmol/L 浓度 K_2SiO_3 处理 POD 活性、SOD 活性均显著高于单纯盐胁迫处理,1.0~2.5 mmol/L 浓度 K_2SiO_3 处理的 MDA 含量均显著低于单纯盐胁迫处理。各硅处理以浓度 1.5 mmol/L K_2SiO_3 处理 POD 活性次高,SOD 活性最高,MDA 含量最低。

表 1 硅对盐胁迫下水稻幼苗保护酶活性的影响

处 理	POD 活性($\text{OD}_{470}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}\cdot\text{min}^{-1}$)	SOD 活性($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}\cdot\text{min}^{-1}$)	MDA 含量($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)
营养液(CK)	84.23 b	502.34 b	15.36 c
营养液+NaCl	57.64 d	431.25 c	34.14 a
营养液+NaCl+ Si1	68.96 c	489.25 b	25.25 b
营养液+NaCl+ Si2	91.25 a	531.44 a	12.54 c
营养液+NaCl+ Si3	96.64 a	497.45 b	25.65 b
营养液+NaCl+ Si4	79.25 b	455.26 c	26.37 b
营养液+NaCl+ Si5	54.23 d	402.34 d	31.56 a

注:1. Si1、Si2、Si3、Si4、Si5 分别表示 K_2SiO_3 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mmol/L,下表同;

2. 同列数值后不同字母表示在 0.05 水平上具有显著性差异,下表同。

2.2 硅对盐胁迫下水稻幼苗离子吸收的影响

从表 2 可以看出,盐胁迫下水稻地上部分和地下部分 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量均比对照显著降低($P<0.01$), Na^+ 含量显著升高($P<0.01$)。盐胁迫下水稻幼苗地上部分 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量分别较对照下降了 54.49%、32.70%和 42.86%,地下部分 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量分别比对照下降了 42.25%、

22.71%和 36.59%。盐胁迫下水稻幼苗地上部分 Na^+ 含量较对照增加了 230.0%,地下部分则增加了 137.0%。说明,盐胁迫降低了植株对 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收和运输,增加了对 Na^+ 的吸收和运输。

与单纯盐胁迫处理相比,喷硅处理后水稻幼苗地上和地下部分 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的含量均增加了,而 Na^+ 的含量均降低了。但各离子的含量又与

硅处理的浓度有关,随硅处理浓度的增加表现出先增后降的趋势,Na⁺含量的变化趋势与之相反。其中,Si²⁻~Si⁴处理(即K₂SiO₃浓度在1.5~2.5 mmol/L间)地上和地下部分K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺含量均显著高于单纯盐胁迫处理,Na⁺含量显著低于单

纯盐胁迫处理,在硅处理浓度为1.5 mmol/L时,地上部分和地下部分K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺含量均达最高,而Na⁺含量为最低。说明,一定浓度的外源硅可促进盐胁迫下水稻对K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的吸收,抑制对Na⁺的吸收。

表2 硅对盐胁迫下水稻地上、地下部分离子含量的影响

处理	地上部分含量(mg/g)				地下部分含量(mg/g)			
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
营养液(CK)	3.67 a	8.10 a	4.62 a	6.51 e	4.67 a	10.51 a	5.74 a	6.54 c
营养液+NaCl	1.57 c	5.35 e	2.64 d	21.47 a	2.57 d	7.35 d	3.64 d	20.47 a
营养液+NaCl+Si1	2.81 b	6.78 c	2.95 cd	17.41 b	3.81 bc	8.78 bc	3.95 cd	15.41 b
营养液+NaCl+Si2	3.61 a	7.51 b	4.46 a	12.54 d	4.61 a	9.41 ab	5.46 a	13.74 b
营养液+NaCl+Si3	3.45 a	7.24 bc	4.21 a	13.51 cd	4.45 a	9.24 b	4.82 b	14.51 b
营养液+NaCl+Si4	3.24 ab	6.85 c	3.56 b	15.89 bc	4.24 ab	9.15 bc	4.56 b	15.84 b
营养液+NaCl+Si5	2.81 b	6.04 d	3.41 bc	17.74 b	3.41 c	8.04 cd	4.41 bc	16.14 b

2.3 硅对盐胁迫下水稻茎秆SiO₂含量的影响

水稻茎秆基部纤维素含量与水稻茎秆中沉积的SiO₂的含量呈正相关关系^[11]。所以,水稻茎秆

中的SiO₂含量可在一定程度上反映茎秆的抗倒伏能力。由表3可知,NaCl胁迫降低了水稻茎秆中的SiO₂含量,硅处理后,茎秆SiO₂的含量均有

表3 硅对盐胁迫下水稻茎秆SiO₂含量的影响

处理	营养液(CK)	NaCl	NaCl+Si1	NaCl+Si2	NaCl+Si3	NaCl+Si4	NaCl+Si5
SiO ₂ 含量(mg·g ⁻¹ DW)	0.014	0.011	0.017	0.021	0.024	0.027	0.031

所增加,且随硅处理浓度的增大而增加。

3 讨论

SOD、POD是活性氧清除系统的重要保护酶。许多研究^[8,11]表明,植物抗逆性的大小与植物保护酶的活性变化有一定的关系。从本试验结果可看出,盐胁迫显著降低了水稻叶片SOD、POD活性,增加了MDA的含量,1.0~2.0 mmol/L浓度K₂SiO₃处理均可显著提高盐胁迫下水稻叶片的POD、SOD活性,降低MDA含量,其中,以1.5 mmol/L K₂SiO₃处理SOD、POD的提高幅度和MDA含量的降低幅度均达最大值。

钾元素在植物体内主要是以离子形式存在,是植物重要的渗透调节组分和生长发育所必需的大量元素,钾盐还对糖的合成与向地上部分运输有促进作用;钙在生物膜中可以作为磷脂的磷酸根与蛋白质羟基间联系的桥梁,因而可以维持膜结构稳定性并具有较高的选择性,Ca²⁺有利于提高植物地上部分对K⁺的选择吸收能力,维持较高的K⁺/Na⁺^[9];镁是叶绿素的组成成分之一,缺少镁,植物的叶绿素便不能合成。由本研究可知,盐胁迫显著降低了植株对K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的吸收和运输,增加了对Na⁺的吸收和运输,1.5~2.5 mmol/L浓度K₂SiO₃处理均可显著促进盐胁迫下植株对K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺的吸收,抑制对Na⁺的吸收,其中,以1.5 mmol/L K₂SiO₃处理K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺

的含量均达最高,而Na⁺含量最低。另外,盐胁迫抑制了植株对硅的吸收和运输,植株更易倒伏,叶面喷施硅后,水稻茎秆中SiO₂的含量提高,茎秆的抗倒伏能力增强。

参考文献:

- [1] 朱俊义,杨光宇,赵凤鹃,等.野生大豆抗盐性解剖结构及在大豆育种中应用研究[J].东北师大学报,2003,35(4):105-108.
- [2] 许鸿川.植物学(第一版)[M].北京:中国林业出版社,2006:394-396.
- [3] 饶立华,覃莲祥,朱玉贤.硅对杂交水稻形态结构和生理的效应[J].植物生理学通讯,1986(3):20-24.
- [4] 唐永康,曹一平.喷施不同形态硅对水稻生长与抗逆性的影响[J].土壤肥料,2003(2):16-20,36.
- [5] H. Marschner 著,曹一平,陆景陵,等译.高等植物的矿质营养[M].北京:北京农业大学出版社,1991:213-218.
- [6] 夏圣益,黄胜海,王岐山.小麦、水稻叶面喷施硅肥的增产作用研究[J].土壤肥料,1999(1):36-38.
- [7] 刘萍,李明军.植物生理学实验技术[M].北京:科学出版社,2007:123-125,147-148,150-152.
- [8] 丁能飞,傅庆林,刘琛,等.外源氯化钙对盐胁迫下西兰花抗氧化酶系统及离子吸收的影响[J].中国农学通报,2010,26(6):133-137.
- [9] 朱晓军,梁永超,杨劲松,等.钙对盐胁迫下水稻幼苗抗氧化酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J].土壤学报,2005,42(3):454-459.
- [10] 戴伟民,张克勤,段彬伍,等.测定水稻硅含量的一种简易方法[J].中国农业科学,2005,19(5):460-462.
- [11] 林熊.硅对水稻茎秆强度的影响[D].四川农业大学硕士学位论文,2010.