

铬胁迫下施硅对西兰花生长和生理特性的影响

徐芬芬

(上饶师范学院生命科学学院,江西 上饶 334001)

摘要:以西兰花(*Brassica oleracea* L. var. *italica* Planc)为试验材料,采用叶面喷施 K_2SiO_3 的方法,研究了硅对不同浓度铬胁迫下西兰花幼苗地上部分生长和铬积累量的影响。结果表明,50 $mg \cdot L^{-1}$ 铬胁迫处理促进了西兰花的生长,西兰花幼苗的苗高、单株鲜重、SOD活性、POD活性等均较对照提高,MDA含量降低;当铬浓度超过100 $mg \cdot L^{-1}$ 后,随铬处理浓度的增加,西兰花的苗高、单株鲜重及SOD活性、POD活性等均逐渐降低,MDA含量增加。由统计分析可知, Cr^{6+} 胁迫显著影响西兰花生长的浓度为100 $mg \cdot L^{-1}$ 。1~100 $mg \cdot L^{-1}$ Cr^{6+} 可有效促进植株对 Cr^{6+} 吸收与积累,但200 $mg \cdot L^{-1}$ Cr^{6+} 处理西兰花对铬的吸收量减少。喷施1.5 $mmol \cdot L^{-1}$ K_2SiO_3 处理后明显提高了西兰花幼苗的苗高、单株鲜重以及SOD、POD活性,降低了MDA含量和铬的积累,减轻了铬胁迫对西兰花的毒害。

关键词:硅;铬胁迫;西兰花;生长;生理特性

中图分类号:S635.3

文献标识码:A

Effects of Si on the Growth and Physiological Characters of Broccoli Seedlings under the Chromium Stress

XU Fen-fen

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

Abstracts: The effects of Si on the growth and Chromium accumulation of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Planc) seedlings under the different concentration of Chromium stress were studied with the method of K_2SiO_3 foliar spraying. The results showed that 50 $mg \cdot L^{-1}$ Chromium stress promoted the growth of broccoli, which the seedling height, fresh weight per plant, SOD activity and POD activity increased and MDA content decreased. But the seedling height, fresh weight per plant, SOD activity and POD activity decreased and MDA content increased with the chromium concentration increased when the chromium concentration was more than 100 $mg \cdot L^{-1}$. Statistical analysis showed that the concentration of chromium which significantly affected the growth of broccoli was 100 $mg \cdot L^{-1}$. The Cr^{6+} absorption in 1-100 $mg \cdot L^{-1}$ Cr^{6+} treatments were promoted, but inhibited in 200 $mg \cdot L^{-1}$ Cr^{6+} treatment. 1.5 $mmol \cdot L^{-1}$ K_2SiO_3 treatment could significantly promoted the seedling height, fresh weight per plant, SOD activity and POD activity of broccoli under the Chromium stress, inhibited the MDA content and chromium accumulation thereby reducing the poisoning of Chromium stress on broccoli.

Key words: Si; Chromium stress; Broccoli; Growth; Physiological characters

铬及其化合物是印染、电镀、化工等行业的主要污染物之一^[1]。 Cr^{6+} 具有高化学活性,因此易对动植物和人产生危害,是一种致癌、致突变剂。研究发现,植物根部吸收与富集 Cr^{6+} 的能力较强,

铬污染对蔬菜和农作物不可避免地会带来较大影响^[2-3]。

西兰花(*Brassica oleracea* L. var. *italica* Planc),别名绿花菜、绿菜花、意大利芥兰,为十字花科芸薹属一年生宿根草本植物^[4]。近年来大量研究表明,西兰花具有丰富的营养成分,营养成分位居同类蔬菜之首,被誉为“蔬菜皇冠”,尤其重要的是西兰花含有防癌抗癌功能的莱菔硫烷和异硫氰

收稿日期:2014-05-27

基金项目:上饶师范学院科研基金资助项目(201210)

作者简介:徐芬芬(1978-),女,硕士,副教授,从事植物逆境生理研究。

酸盐^[5],可以防治肝癌、胃癌和乳腺癌,另外西兰花对高血压、心脏病也有调节和预防的功效。硅能提高植物对多种逆境的抗性,如增强作物对重金属毒害的抗性^[6]、抗盐性^[7]、抗旱性^[8]、抗病性^[9]和抗虫性^[10]等。目前,关于重金属胁迫对西兰花生长的研究少见,更未见关于西兰花对重金属胁迫抗性诱导方面的报道。本文研究了硅对铬胁迫下西兰花的生长、抗氧化酶活性和铬积累的影响,为西兰花铬污染的预测、预报和防治提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试西兰花品种:绿美90天,厦门市翔安有利蔬菜种苗站生产。

1.2 材料处理与培养

精选饱满、大小均匀一致的西兰花种子,浸种消毒后,播于培养皿中,采用1/2 Hoagland营养液培养,置于人工气候箱中培养(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 25°C ,相对湿度80%)。待幼苗长至两叶一心时,挑选长势一致的幼苗移栽到容量为2 L的塑料盆中用1/2 Hoagland溶液继续培养,每桶植苗5株,3 d更换一次营养液。在移栽一周后进行铬浇灌和喷施 K_2SiO_3 处理。试验分成两组:第一组用浓度分别为0、50、100、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的重铬酸钾溶液进行浇灌;第二组是在第一组的基础上叶面喷施 $1.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{SiO}_3$,铬和硅均在营养液中添加,以1/2 Hoagland营养液为对照,每处理重复3次,每隔一周喷施 K_2SiO_3 一次,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^[11];超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用比色法^[11];丙二醛(MDA)含量测定采用TBA显色法^[11];地上部分铬含量的测定采用原子吸收光谱法^[12]。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进行数据整理,DPS 6.55版软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 硅对铬胁迫下西兰花地上部分生长和铬含量的影响

由表1分析可知,50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 铬处理西兰花地上部分鲜重、苗高均高于CK,但浓度超过100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 铬处理地上部分鲜重和苗高均显著降低。说明,低浓度铬促进西兰花生长,而高浓度铬胁迫抑制生长,可能铬在植物体内积聚过多,阻碍了水分和矿质元素的正常运转,从而造成植株生长缓慢和生物量降低。喷施 $1.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{SiO}_3$ 处理可明显提高地上部分鲜重和苗高,缓解铬胁迫对西兰花幼苗生长的抑制。

1~100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cr}^{6+}$ 可有效促进植株对 Cr^{6+} 吸收与积累。其中100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的铬含量高达 $1.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,显著高于其他浓度处理,200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cr}^{6+}$ 处理植株对铬的吸收速率明显降低。高浓度铬处理可能是植株根系受到高浓度铬毒害,根系活力受到抑制而影响了对 Cr^{6+} 的吸收。

表1 硅对铬胁迫下西兰花地上部分生长和铬含量的影响

| 铬浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | 地上部分鲜重($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$) | | 苗高(cm) | | Cr^{6+} 含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | |
|--|--|----------------------------|-------------------|----------------------------|---|----------------------------|
| | Cr^{6+} | $\text{Cr}^{6+}+\text{Si}$ | Cr^{6+} | $\text{Cr}^{6+}+\text{Si}$ | Cr^{6+} | $\text{Cr}^{6+}+\text{Si}$ |
| 0(CK) | 12.21 aA | 13.51 aA | 10.2 aA | 11.8 aA | 0.00 cC | 0.00 cC |
| 50 | 13.41 aA | 14.54 aA | 11.3 aA | 12.21 aA | 0.63 bB | 0.54 bB |
| 100 | 8.54 bB | 10.69 bB | 7.8 bB | 8.9 bB | 1.54 aA | 1.07 aA |
| 200 | 5.57 cC | 8.74 cB | 5.6 cC | 7.5 cB | 0.77 bB | 0.58 bB |

注:同列数值后不同字母表示在0.05水平上具有显著性差异,下同

2.2 硅对铬胁迫下西兰花幼苗抗氧化作用的影响

由表2分析可知,与CK相比,低浓度(50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)铬处理,西兰花SOD活性和POD活性均显著

提高,高浓度铬($\geq 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)则抑制两者的活性。说明西兰花能够通过增强保护酶活性来抵御低铬胁迫,但高浓度铬胁迫使植物产生了大量的自由基,这些自由基消耗了大量的SOD和POD,

使得植物体内的SOD、POD活性大幅度下降。50 mg·L⁻¹铬处理对西兰花MDA含量影响不显著,但高浓度铬(≥100 mg·L⁻¹)处理MDA含量显著提高。说明低浓度铬处理对细胞膜质过氧化作用影

响不大,但高浓度铬胁迫使西兰花细胞膜受到严重伤害。1.5 mmol·L⁻¹K₂SiO₃处理降低了铬胁迫下西兰花幼苗MDA含量,维持了细胞质膜的完整性。

表2 硅对铬胁迫下西兰花幼苗抗氧化作用的影响

| 铬浓度(mg·L ⁻¹) | 丙二醛含量(μmol·g ⁻¹ FW) | | SOD活性(U·g ⁻¹ FW) | | POD活性(U·g ⁻¹ FW) | |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | Cr ⁶⁺ | Cr ⁶⁺ +Si | Cr ⁶⁺ | Cr ⁶⁺ +Si | Cr ⁶⁺ | Cr ⁶⁺ + Si |
| 0(CK) | 9.56 cC | 8.25 cC | 428.06 bB | 463.82 abA | 235.84 bB | 263.57 bcBC |
| 50 | 9.15 cC | 7.89 cC | 457.69 aA | 475.82 aA | 294.82 aA | 352.14 aA |
| 100 | 12.54 bB | 11.04 bB | 424.5 bB | 437.51 bcAB | 242.47 bB | 286.72 bB |
| 200 | 15.18 aA | 13.86 aA | 381.47 cC | 417.86 cB | 186.67 cC | 228.37 cC |

3 小结与讨论

目前关于硅增强作物抗重金属胁迫的研究多集中在水稻^[16]、小麦^[14]等农作物以及烟草^[15]、玉米^[16]等经济作物,而在蔬菜上的研究较少。本文以西兰花为材料,采用叶面喷施K₂SiO₃的方法,研究了硅对不同浓度铬胁迫下西兰花幼苗生长和铬积累的影响。结果表明,低浓度(50 mg·L⁻¹)铬处理可促进西兰花的生长,但100 mg·L⁻¹铬处理显著抑制了西兰花幼苗的生长,表现为苗高、地上部分鲜重和SOD、POD活性均显著降低,MDA含量显著增加,可能与此浓度下西兰花对Cr⁶⁺的吸收与积累有关。200 mg·L⁻¹铬处理下西兰花生长受铬胁迫伤害最大,可能与植物叶片中保护酶失去原有平衡,MDA过量积累以及根系活力下降有关。

1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理可明显提高西兰花地上部分鲜重、苗高和保护酶活性,缓解铬对西兰花幼苗的毒害,降低植株对Cr⁶⁺的吸收与积累。可能与根系中的硅产生的屏障阻碍铬进入根系细胞或者植物中的硅与铬络合形成毒性较低的硅-铬复合物有关,其原因有待于进一步验证。

参考文献:

- [1] 徐衍忠,秦绪娜,刘祥红,等. 铬污染及其生态效应[J]. 环境科学与技术, 2005, 25(12): 8-11.
- [2] 王威,刘东华,蒋悟生,等. 铬污染地区环境对植物生长的影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21(3): 257-259.
- [3] 孙游云. 铬对植物体生长生理的影响及其在植物体中的积累规律[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(1): 45-46.

- [4] 李钧敏,金则新,柯喜丹. 西兰花品种的随机扩增多态DNA分析[J]. 江苏农业科学, 2006(4): 66-69.
- [5] Zhang Y, Talalay P, Cho C G, et al. Major induce rofanticarcinogenic protective enzymes from broccoli isolation and elucidation of structure[J]. Proc Natl Acad Sci, 1994(89): 2399-2403.
- [6] Shi X H, Zhang C C, Wang H, et al. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings[J]. Plant and Soil, 2005, 272(1/2): 53-60.
- [7] Liang Y C, Chen Q, Liu Q, et al. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley(*Hordeum vulgare* L.)[J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160(10): 1157-1164.
- [8] Gong H J, Chen K M, Chen G C, et al. Effects of silicon on growth of wheat under drought[J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26(5): 1055-1063.
- [9] Datnoff L E, Deren C W, Snyder G H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida[J]. Crop Protection, 1997, 16(6): 525-531.
- [10] Kvedaras O L, Keeping M G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharinain* sugarcane[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2007, 125(1): 103-110.
- [11] 刘萍,李明军. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [13] 黄秋婵,黎晓峰,沈方科,等. 硅对水稻幼苗的解毒作用及其机制研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(4): 1307-1311.
- [14] 党锋,江荣风,夏立江. Cd Zn 处理对烤烟生长和烟株 Cd 含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 26(2): 713-717.
- [15] 刘建新,赵国林,王毅民. Cd Zn 复合胁迫对玉米幼苗膜脂过氧化和抗氧化酶系统的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 25(1): 54-58.
- [16] 高柳青,杨树杰. 硅对小麦吸收镉的影响及其生理效应[J]. 中国农学通报, 2004, 20(5): 246-249.