

铬胁迫对芹菜养分吸收及抗氧化系统的影响

杜慧玲, 冯两蕊, 牛志峰, 王 涛, 郭平毅, 王曰鑫

(山西农业大学 文理学院, 山西 太谷 030801)

摘要: 以芹菜为载体, 喷施不同浓度的 Cr^{3+} 溶液, 试验结果表明: 芹菜叶、叶柄内富铬量与喷施 Cr^{3+} 溶液的浓度呈正相关。喷施 Cr^{3+} 溶液浓度为 20~40 mg/kg 能提高芹菜叶、叶柄内 N, P, K 营养元素和叶绿素的含量, 增强抗氧化酶活性。

关键词: 芹菜; 铬; 养分吸收; 抗氧化系统

中图分类号: S636; Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)05-0082-04

Cr^{3+} Effect to Nutrient Absorption and Antioxygenic System of Celery

DU Hui-ling, FENG Liang-rui, NIU Zhi-feng, WANG Tao, GUO Ping-yi, WANG Yue-xin,

(College of Arts and Sciences, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: Cr^{3+} solutions of different concentration were sprinkled on celery. Results show that the content of Cr^{3+} in leaves and petioles is in positive correlation with the concentration of the solution. Sprinkling the solution of Cr^{3+} of the concentration 20—40 mg/kg will increase the content of nutrient and chlorophyll in leaves and petioles and strengthen the antioxygenic enzymic activity.

Key words: Celery; Chromium; Nutrient absorption; Antioxidative activity

铬(Cr^{3+})是人体必需的一种微量元素, 它参与葡萄糖耐量因子(Glucose tolerance factor, GTF)的组成, 协调和维持人体内的血糖浓度和能量水平, 为糖和脂肪代谢所必需, 具有重要的生物活性。同时, 铬通过对蛋白质合成的影响而促进人和动物的生长发育。成人体内含铬总量约为 6 mg, 每日的摄入量约为 75 $\mu\text{g}^{[1]}$ 。铬缺乏和过量都将对人体、植物产生危害, 人体缺铬将导致胰岛素功能降低, 糖、脂肪、蛋白质代谢异常以及神经系统紊乱, 长期缺乏可引起糖尿病、动脉硬化、冠心病等^[2,3]; 铬过量将影响体内的氧化还原和水解过程以及与核酸、核蛋白结合, 干扰酶系统而引起中毒^[4]。美国国家科学研究委员会(RDA)在 1989 年正式通过并推荐正常人的安全而充足的每日铬摄入估算量为 50~200 μg , 而实际每日膳食铬摄入量很低。开发富铬蔬菜以提高人们膳食中铬含量具有重要的现实意义。铬作为必需微量元素对植物生长影响的研究报道不多。为此, 本研究选择芹菜为试材, 以三氯化铬为铬源, 从养分吸收及抗氧化系统等方面探讨铬在植物体内的作用, 以为合理开发和生产富铬芹菜提供理论依

据和科学指导。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试土壤为石灰性褐土, 取自山西农业大学试验地, 其理化性状为: 有机质 16.85 g/kg, 全氮 0.96 g/kg, 碱解氮 12.87 mg/kg, 速效磷 15.58 mg/kg, 速效钾 129.41 mg/kg, 铬 23.6 mg/kg, pH 8.3。

供试芹菜为津南实芹 1 号。喷施铬溶液由分析纯试剂三氯化铬配制。

1.2 试验方法

土壤过 3 mm 筛, 充分混匀, 装入 30 cm×26 cm 的塑料盆, 每盆装土 15 kg, 并以 6 g 尿素、10 g 过磷酸钙、3 g 硫酸钾作底肥。将长势一致(四叶一心)的芹菜苗定植, 每盆定植 7 株。试验设 4 个施铬(Cr^{3+})处理, 施用量分别为 Cr^{3+} 离子浓度 20, 40, 80, 160 mg/kg, 以不施 Cr^{3+} 为对照, 每个处理 3 次重复。待芹菜缓苗后用三氯化铬溶液进行叶面喷施, 共喷 2 次, 每次喷施量为 50 mL/盆。第 1 次喷施 10 d 后进行第 2 次喷施, 第 2 次喷施后 15 d 一次性收获, 用

收稿日期: 2007-01-05

基金项目: 山西省科技攻关项目(041017)

作者简介: 杜慧玲(1966—), 女, 山西太谷人, 副教授, 在读博士, 主要从事植物营养与作物化学调控的研究

通讯作者: 郭平毅(1955—), 男, 山西寿阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事作物化学调控与化学除草领域的教学与科研工作。

自来水和去离子水将芹菜冲洗干净,一部分用于叶绿素,MDA,SOD,POD的分析测定,另一部分105℃杀青20 min,然后60℃烘干,磨碎过孔径为0.280 mm筛待用。

1.3 测试项目与方法

称取粉碎植株样品,用硝酸和高氯酸(4:1)砂浴消化,冷却,定容至25 mL,过滤,滤液中Cr³⁺用原子吸收法测定^[5]。以国家标准物质GBW07603(GSV-2)为内标控制分析质量。

叶绿素参照Amon的方法测定^[6];SOD采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法^[7];POD采用愈创木酚氧化法^[7];MDA采用硫代巴比妥(TBA)比色法^[7];N采用H₂SO₄-H₂O₂消煮-蒸馏法^[8];P采用钒钼黄比色法^[8];K采用火焰光度法^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同浓度Cr³⁺对芹菜叶、叶柄内有机铬富集量的影响

芹菜叶、叶柄的有机铬含量随喷施Cr³⁺溶液浓度的增加而增加(图1)。统计结果表明,芹菜叶、叶柄中的富铬量与喷施浓度呈显著正相关,相关系数为0.993 2和0.985 6。与对照相比,各处理叶、叶柄的富铬量(干质量)分别提高0.99、1.07、4.84、8.00和0.28、1.14、2.95、8.62倍。

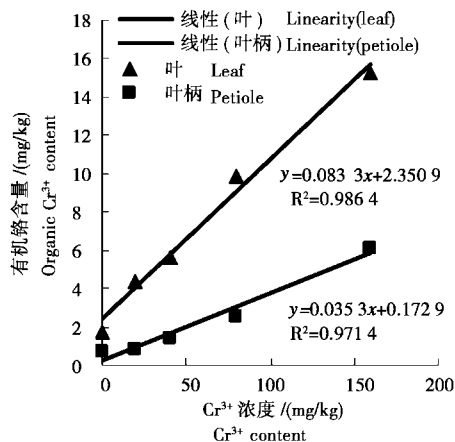


图1 不同浓度Cr³⁺对芹菜叶柄、叶有机铬的影响
Fig. 1 Effect of Cr³⁺ solution in different concentration on the organic chrome content of celery's leaf and stem

2.2 Cr³⁺对芹菜叶、叶柄内N、P、K含量的影响

由图2、3、4可知,不同处理芹菜叶、叶柄中N、P、K含量均(干质量)表现为先升后降,但N、P含量表现为叶>叶柄,K含量表现为叶柄>叶。Cr³⁺浓度为20 mg/kg时,叶中N含量最高,与对照相比提高了16.46%。之后,随着Cr³⁺浓度增大,叶中N含量降低。而叶柄中含N量受Cr³⁺的影响很小。芹菜叶、叶柄中P元素含量受不同浓度Cr³⁺处理的影响

较Cr³⁺对N元素含量的影响明显,呈现明显的先增后降的波动规律。当Cr³⁺浓度≤40 mg/kg时,叶、叶柄P含量都随Cr³⁺浓度的增大而增大,Cr³⁺浓度为40 mg/kg时达到峰值,与对照相比,叶、叶柄内P含量提高了40.0%,36.4%;当Cr³⁺浓度>40 mg/kg,芹菜叶、叶柄中P含量均随着Cr³⁺浓度的增大而降低,Cr³⁺浓度为160 mg/kg时,叶柄中含P量是对照的85.8%。不同浓度Cr³⁺处理对芹菜叶、叶柄中K含量的影响不同于对N、P含量的影响。Cr³⁺浓度为20和40 mg/kg时,芹菜叶中K含量相同,为2.63%,比对照提高了6.5%;Cr³⁺浓度由40 mg/kg增至80 mg/kg时,芹菜叶中K含量由2.63%增至2.93%,增幅为11.4%。当Cr³⁺浓度由20 mg/kg增至40 mg/kg时,芹菜叶柄中K含量由2.85%增至3.25%,增幅为14.0%,而20 mg/kg时与对照相比,增幅仅1.8%。表明Cr³⁺对芹菜叶、叶柄K含量的影响有一个迟缓期。适量的Cr³⁺可以促进芹菜对N、P、K等营养元素的吸收,而Cr³⁺浓度过高则会抑制芹菜对营养元素的吸收,从而抑制作物的生长发育。

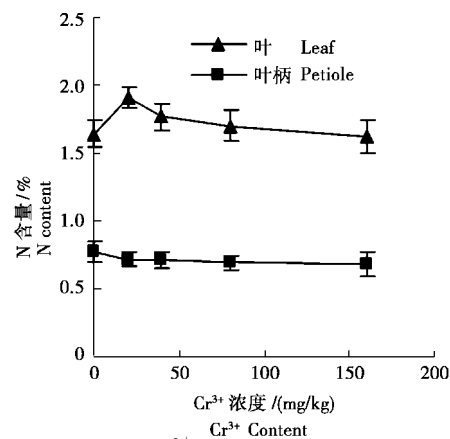


图2 不同浓度Cr³⁺对芹菜叶柄、叶N含量的影响
Fig. 2 Effect of Cr³⁺ solution in different concentration on the N content of celery's leaf and stem

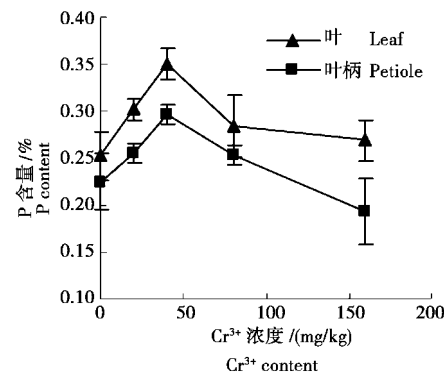


图3 不同浓度Cr³⁺对芹菜茎、叶P含量的影响
Fig. 3 Effect of Cr³⁺ solution in different concentration on the P content of celery's leaf and stem

2.3 不同浓度 Cr^{3+} 溶液对芹菜叶绿素的影响

叶绿素是叶绿体中一系列酶的作用下形成的一种光合色素^[9]。由图 5 可见, Cr^{3+} 浓度为 20 mg/kg 的处理, 芹菜叶绿素含量(鲜质量)达到最高, 比对照提高 45.5%, 之后急剧下降, 且均低于对照, 与对照相比, 达极显著差异水平。 Cr^{3+} 浓度为 20 ~ 160 mg/kg 时抑制了芹菜叶绿素含量, 抑制范围 18.2% ~ 54.5%。说明适量的 Cr^{3+} 能提高芹菜叶绿素含量, 增强光合作用, 有利于芹菜产量的形成。

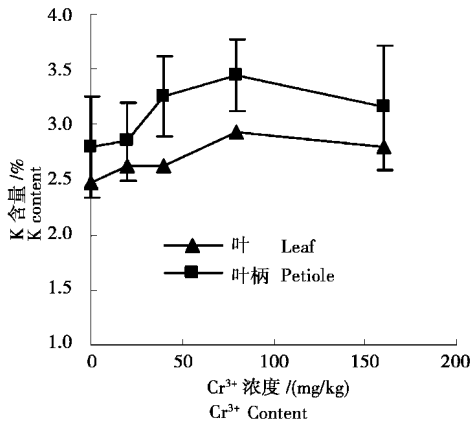


图 4 不同浓度 Cr^{3+} 对芹菜叶柄、叶 K 含量的影响
Fig. 4 Effect of Cr^{3+} solution in different concentration on the K content of celery's leaf and stem

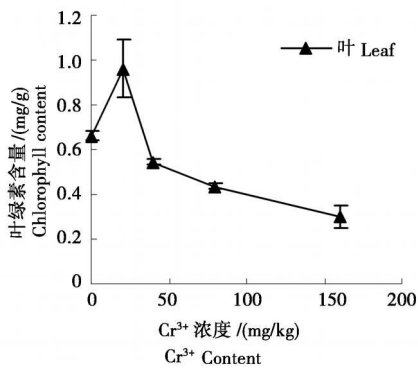


图 5 不同浓度 Cr^{3+} 对芹菜叶绿素的影响
Fig. 5 Effect of Cr^{3+} solution in different concentration on chlorophyll content of celery's leaf and stem

2.4 不同浓度 Cr^{3+} 溶液对芹菜叶、叶柄内 MDA 含量的影响

MDA 是植物在逆境伤害和衰老过程中脂质过氧化作用的产物, 其含量的高低程度是膜脂过氧化作用强弱的一个重要标志^[10]。细胞内的活性氧是一种氧化能力很强的物质, 它导致膜脂过氧化胁迫强度增大, 膜脂过氧化产物增多, 从而抑制了植物的生长发育, 对植物造成危害。由图 6 可知, Cr^{3+} 浓度为 20, 40, 80, 160 mg/kg 的各处理, MDA (鲜质量) 含量均高于对照。随着 Cr^{3+} 溶液浓度的增加, 叶、叶柄中 MDA 含量随之增加, 表现为 MDA 含量与 Cr^{3+}

溶液浓度呈正相关。MDA 在叶、叶柄中含量分布为: 叶 > 叶柄; 叶柄为叶的 40.0%。

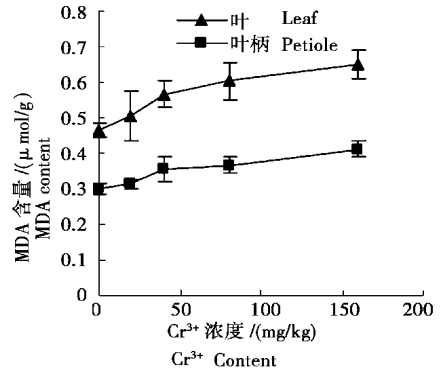


图 6 不同浓度 Cr^{3+} 对芹菜叶柄、叶 MDA 含量的影响
Fig. 6 Effect of Cr^{3+} solution in different concentration on the MDA content of celery's leaf and stem

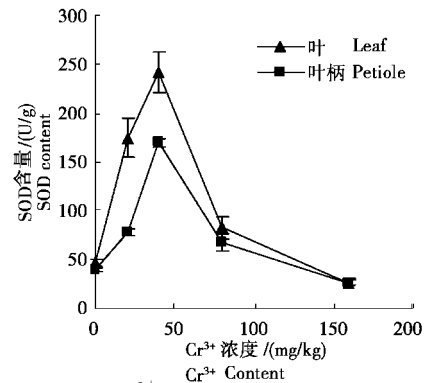


图 7 不同浓度 Cr^{3+} 对芹菜叶柄、叶 SOD 含量的影响
Fig. 7 Effect of Cr^{3+} solution in different concentration on the SOD content of celery's leaf and stem

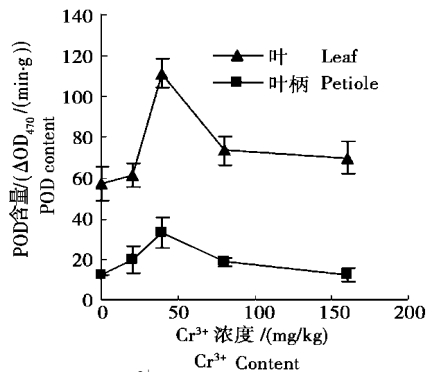


图 8 不同浓度 Cr^{3+} 对芹菜叶柄、叶 POD 含量的影响
Fig. 8 Effect of Cr^{3+} solution in different concentration on POD content of celery's leaf and stem

2.5 不同浓度 Cr^{3+} 溶液对保护酶的影响

图 7, 8 可见, 随着 Cr^{3+} 溶液浓度的递增, SOD, POD 的活性急剧增强, 当 Cr^{3+} 溶液浓度为 40 mg/kg 时, SOD, POD 的活性均达到抗逆峰值。SOD 比对照高 278.5%, POD 比对照高 315.0%。其后随 Cr^{3+} 溶液浓度的递增, SOD, POD 的活性急剧减弱。这表明, 低浓度 Cr^{3+} 处理能增强芹菜叶、叶柄中保护酶活性, 从而加速了酶促反应的速度, 提高了芹菜的抗

逆能力。当 Cr^{3+} 处理浓度达到 40 mg/kg 时, 芹菜叶片内 SOD 和 POD 活性达到最大, 说明 Cr^{3+} 浓度已达到致伤害的阈限值。

3 结论与讨论

铬是人体必需的微量营养元素之一, 它参与了机体多种物质代谢的调节, 缺乏时, 会引一系列代谢失调和疾病。由于无机铬和有机铬在机体中的结合形式和程度不同, 导致吸收率不同。无机铬的吸收率仅为 $0.4\% \sim 3.0\%$, 且毒性较大; 有机铬吸收迅速又安全, 吸收率可达 $10\% \sim 25\%$ ^[11]。本试验研究表明, 以无机三氯化铬为铬源, 芹菜有机铬含量随着喷施无机 Cr^{3+} 浓度的增大而增加, 喷施 Cr^{3+} 浓度为 160 mg/kg 时, 可使芹菜叶、叶柄有机铬含量分别达 $15.2, 6.13 \text{ mg/kg}$ 。所以, 通过生物转化来获得有机铬, 通过食物链补铬是一种安全, 有效的方法。

本试验研究表明, 低浓度 Cr^{3+} 可以促进芹菜对 N, P, K 元素的吸收, 高浓度 Cr^{3+} 则抑制芹菜对 N, P, K 元素的吸收, 但对 P, K 的影响大于对 N 的影响。由此可见, 施 Cr^{3+} 能改变植物体内元素的组成。在生理浓度范围内起促进作用, 在高 Cr^{3+} 情况下, 抑制植物对营养元素的吸收。

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素。而叶绿素含量降低是植物遭受重金属毒害的重要特征之一^[12]。Stobart 等^[13]认为, 叶绿素含量降低的原因, 一方面是重金属抑制原叶绿素酸酯还原酶的合成, 另一方面影响了氨基- γ -酮戊酸的合成。本试验中, 低浓度 ($\leq 20 \text{ mg/kg}$) Cr^{3+} 处理刺激了叶绿素的合成, 但 Cr^{3+} 浓度大于 20 mg/kg 的处理表现出明显的抑制效应, 尤其是 Cr^{3+} 浓度为 160 mg/kg 时, 与对照相比抑制率为 54.5% 。

SOD, POD 是植物膜脂过氧化的酶促防御系统中主要的保护酶, 共同组成植物体内的活性氧清除系统, 有效清除植物体内的自由基和过氧化物。本试验中, 低浓度 Cr^{3+} 情况下, SOD, POD 活性随着 Cr^{3+} 浓度的增大而上升, 当 Cr^{3+} 浓度为 40 mg/kg 时酶活性最大, 说明其活性受到了激活; 而当 Cr^{3+} 浓度大于 40 mg/kg 时, 两种酶活性均有不同程度的下降, 说明其活性受到了不同程度的抑制。这可能是产生的活性氧自由基超过了它们的清除能力, 也可

能是 Cr^{3+} 干扰或改变了其空间结构。 Cr^{3+} 处理芹菜, SOD, POD 活性呈现先升后降, 说明 SOD, POD 对膜系统的保护作用是有其一定限度。

由于酶的活性有一阈值, SOD, POD 对膜系统的保护作用是有其一定限度的。其产物 MDA 含量是细胞质膜过氧化的产物之一, 其含量高低反映细胞膜脂过氧化的水平和膜受伤害的程度^[14]。本试验中, 用 Cr^{3+} 处理后, 芹菜茎、叶中的保护酶失去了原有的平衡, 导致 MDA 的过度积累。

参考文献:

- [1] 张风珍, 张媛英, 史仁玖. 食品中铬元素的含量分析 [J]. 泰山医学院学报, 2003, 24(1): 18-20.
- [2] 张乃衡. 生物化学 [M]. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1999: 462.
- [3] 吴桂荣, 程南征. 富铬酵母对糖尿病人糖耐量的影响 [J]. 营养学报, 1988, 10(3): 55-59.
- [4] 廖自基. 微量元素的生物化学 [M]. 北京: 中国环境出版社, 1992: 288.
- [5] GB/T14962-94. 食品中铬的测定 [S].
- [6] Arnon D L. Copper enzymes in isolated chloroplasts poly phenol oxidase in *Beta vulgaris* [J]. Plant Physiol, 1949, 24: 1-15.
- [7] 王金胜. 农业生物化学研究技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 206, 234-235.
- [8] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 273-278, 301-303, 338-342.
- [9] 王 忠. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版, 2000: 128-131.
- [10] 郑爱珍, 刘传平, 沈振国. 镉处理下青菜和白菜 MDA 含量、POD 和 SOD 活性的变化 [J]. 湖北农业科学, 2005, 1: 67-69.
- [11] Secolago H, Perezgiesias J, Femadzesolis J M, et al. The effect of the chromium-rich yeast for human [J]. Anal Chem, 1997, 357: 464-466.
- [12] 陈国祥, 施国新, 何 宾, 等. Hg, Cd 对莼菜越冬芽光合膜光化学活性及多肽组分的影响 [J]. 环境科学学报, 1999, 19(5): 521.
- [13] Stobart A K, Griffiths W T, Ameen-Bukhari I. The effects of Cd^{2+} on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley [J]. Physiol Plants, 1985, 63: 293.
- [14] 张治安, 王振民, 徐克章. Cd 胁迫对萌发大豆种子中活性氧代谢的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 670-673.