

## 水杨酸对铬胁迫下大豆种子萌发的影响

徐芬芬, 邓接楼

(上饶师范学院 生命科学学院, 江西 上饶 334001)

**摘要:**以“日本青”大豆(*Glycine max* L.)种子为材料,研究了铬对大豆种子萌发的胁迫作用及水杨酸(Salicylic acid, SA)对铬胁迫的缓解效应。结果表明:在0~200 mg·L<sup>-1</sup>铬浓度范围内,随铬胁迫浓度的增加,大豆种子的发芽率、发芽指数和活力指数降低,大豆下胚轴丙二醛含量和相对电导率增加;铬胁迫显著( $P < 0.05$ )抑制大豆种子萌发的浓度为100 mg·L<sup>-1</sup>。0.05 mmol·L<sup>-1</sup> SA可缓解铬对大豆种子萌发的毒性。

**关键词:**大豆;种子萌发;铬胁迫;水杨酸

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2012)05-0852-03

## Effects of Salicylic Acid on Germination of Soybean Seed under Chromium Stress

XU Fen-fen, DENG Jie-lou

(Life Sciences College, Shangrao Normal University, Shangrao 334001, Jiangxi, China)

**Abstract:** The paper studied the effects of chromium stress on germination of soybean (*Glycine max* L.) cv. *Ribenqing* and the meditative effect of SA under hydroponic cultural conditions. The results showed that the germination rate, germination index and vigor index of soybean seed decreased, the MDA content and the relative electrical conductivity of soybean hypocotyls increased with the increase of chromium concentration in range of 0-200 mg·L<sup>-1</sup> Cr<sup>6+</sup>. The germination of soybean seed was significantly ( $P < 0.01$ ) inhibited when the concentration of chromium was 100 mg·L<sup>-1</sup>. 0.05 mmol·L<sup>-1</sup> SA could alleviate the toxicity of soybean under the chromium stress.

**Key words:** Soybean (*Glycine max* L.); Seed germination; Chromium stress; Salicylic acid

铬及其化合物是印染、电镀、化工等行业的主要污染物之一<sup>[1]</sup>,铬同时也是人和动物所必需微量元素,但铬含量过多,对人和动植物都是有害的。作物幼苗受铬污染后发育会受到阻碍,产量及品质降低。研究发现,植物根部具有较强的吸收与富集Cr<sup>6+</sup>的作用,土壤铬污染对农作物产生较大影响<sup>[2-3]</sup>。评价农作物重金属胁迫主要参考生态毒害评价方法<sup>[4]</sup>,目前,研究重金属生态毒害评价的方法,大多采用发芽试验方法<sup>[5-6]</sup>。

水杨酸(salicylic acid, SA)作为一类新型植物生长调节物质,在诱导植物抗病性、激活植物过敏反应(HR)和系统获得性抗性(SAR)方面起重要信号调节作用。此外,SA能诱导植物对紫外辐射、低温、热激、干旱和盐害等非生物胁迫产生一定的抗性,在植物非生物胁迫的交叉保护反应中占有一定地位<sup>[7-8]</sup>。现有文献报道SA可增强花椰菜<sup>[9]</sup>、莴苣<sup>[10-11]</sup>、玉米<sup>[12]</sup>对重金属铬,黄瓜<sup>[13]</sup>对铅以及白菜<sup>[14]</sup>对镉的抗性。但目前鲜有SA诱导大豆抗重金属胁迫方面的报道。本试验通过营养液培养,采用添加铬和外源SA的方法,研究了铬对大豆种子萌发和下胚轴生理指标的影响及SA对铬胁迫下大

豆种子萌发的缓解效应,为减缓重金属铬对大豆的危害提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

供试大豆品种为“日本青(六月豆)”,由开原市鹤丰种子有限公司生产。

将种子用NaClO消毒10 min后,用去离子水冲洗干净,浸种3 h后,挑选大小一致的种子各50粒分别放入置有两层无菌滤纸的培养皿中。试验分成两组:第1组用浓度分别为0、50、100、200 mg·L<sup>-1</sup>的重铬酸钾溶液进行浇灌;第2组分别在第1组中加入0.05 mmol·L<sup>-1</sup> SA,采用Hoagland溶液培养,铬和SA均在营养液中添加,以纯Hoagland溶液为对照,每处理5次重复。在人工气候箱(光照强度为50 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,光周期12 h,温度25℃,相对湿度80%)中培养。每天定时、定量用含预定浓度铬和SA的营养液浇灌一次,对照用纯Hoagland溶液浇灌。每天用相应的处理液冲洗培养皿的滤纸,以保持铬和SA的浓度恒定,同时每天观察

收稿日期:2012-04-08

基金项目:上饶师范学院科研基金项目资助。

作者简介:徐芬芬(1978-),硕士,讲师,主要从事植物抗性生理研究。E-mail: xffylm7875@163.com。

种子萌发情况。

## 1.2 测定指标

1.2.1 发芽指标 培养至第 6 天,统计发芽率,并计算发芽指数和活力指数;

发芽指数(GI) =  $\sum Gt/Dt$  (Gt 为 t 时间内发芽数,Dt 为相应的发芽天数);

活力指数(VI) = GI × 胚鲜重。

1.2.2 生理指标 以发芽后第 5 天的大豆下胚轴为材料,参照刘萍等<sup>[15]</sup>的方法测定相对电导率、超氧化物歧化酶(SOD)活性和丙二醛(MDA)含量。以上各指标重复测定 3 次,取平均值。

## 1.3 数据分析

采用 SAS 8.1 软件统计处理数据,Duncan's 新复极差多重比较进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 SA 对铬胁迫下大豆种子萌发的影响

从表 1 可知,50 ~ 200 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫浓度范围内,随铬胁迫浓度的增加,大豆种子的发芽率、发芽指数和活力指数均呈下降趋势。其中,50 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫对大豆种子萌发的影响不显著;100 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫条件下大豆种子的发芽指数显著低于 CK ( $P < 0.05$ ),活力指数极显著低于 CK ( $P < 0.01$ ),但对发芽率的影响不显著;当铬浓度达 200 mg·L<sup>-1</sup> 时,大豆种子萌发的各项指标均极显著低于 CK ( $P < 0.01$ )。说明浓度低于 50 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫对大豆种子萌发的影响不大;100 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫对发芽率影响不显著,但显著降低了萌发种子的活力,导致种

表 1 SA 对铬胁迫下大豆种子萌发的影响

Table 1 Effect of SA on germination of soybean seeds under the chromium stress

Cr <sup>6+</sup> 浓度 Cr <sup>6+</sup> concentration /mg·L <sup>-1</sup>	发芽率 Germination rate/%		发芽指数 Germination index		活力指数 Vigor index	
	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>6+</sup> + SA	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>6+</sup> + SA	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>6+</sup> + SA
	0	90.0 aA	-	44.33 aA	-	196.40 aA
50	85.3 aAB	88.3	42.33 abA	43.40	191.57 aA	197.67
100	82.3 abAB	85.0	41.51 bA	42.78	185.20 bB	185.33
200	72.6 bB	80.3	35.67 cB	39.27	152.00 cC	164.33

同列字母大小写分别表示与对照相比差异达极显著 ( $P < 0.01$ ) 和显著水平 ( $P < 0.05$ )。

Values within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

胚生长受到抑制;当浓度达 200 mg·L<sup>-1</sup> 时大豆种子萌发受到极显著抑制 ( $P < 0.01$ )。

Cr<sup>6+</sup> + SA 处理大豆萌发的发芽率、发芽指数和活力指数等均高于相应浓度的铬胁迫处理。表明 0.05 mmol·L<sup>-1</sup> SA 能缓解铬胁迫下大豆种子的萌发。

### 2.2 SA 对铬胁迫下大豆下胚轴生理特性的影响

由表 2 可知,与 CK 相比,50 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫对大豆下胚轴 SOD 活性有显著促进作用,但 100、200

mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫均为抑制作用;50 ~ 200 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫下大豆下胚轴丙二醛含量和相对电导率均显著高于 CK ( $P < 0.05$ )。说明铬胁迫诱发活性氧产生,导致膜质过氧化,膜透性增大,电解质外渗。

Cr<sup>6+</sup> + SA 处理的丙二醛含量和相对电导率均低于相应浓度的铬胁迫处理,SOD 活性变化相反。表明在铬胁迫处理中加入 SA 可有效降低铬毒害对细胞的氧化胁迫效应,增强保护酶活性,保护细胞膜的完整性,从而增强大豆抗铬胁迫的能力。

表 2 SA 对铬胁迫下大豆下胚轴生理指标的影响

Table 2 Effect of SA on physiological index of soybean hypocotyls under the chromium stress

Cr <sup>6+</sup> 浓度 Cr <sup>6+</sup> concentration /mg·L <sup>-1</sup>	丙二醛含量 MDA content/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$		SOD 活性 SOD activity/ $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$		相对电导率 Relative conductivity rate/%	
	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>6+</sup> + SA	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>6+</sup> + SA	Cr <sup>6+</sup>	Cr <sup>6+</sup> + SA
	0	9.56 cC	-	128.06 bB	-	11.06 cC
50	12.15 bB	10.89	157.69 aA	175.82	15.29 bBC	12.82
100	12.54 bB	11.04	124.5 bB	137.51	17.53 abAB	13.51
200	15.18 aA	13.86	81.47 cC	117.86	20.47 aA	16.86

### 3 结论与讨论

微量元素铬是植物生长发育所必需的,缺乏铬元素会影响植物的正常发育,但体内积累过量又会引起毒害作用。从本试验结果可以看出,50~200 mg·L<sup>-1</sup> 铬胁迫下大豆种子的发芽率、发芽指数和活力指数均下降,丙二醛含量和相对电导率显著( $P < 0.05$ )增加,表现出典型的铬胁迫特征。综合分析可知,铬胁迫显著( $P < 0.01$ )抑制大豆种子萌发的浓度为 100 mg·L<sup>-1</sup>。

随着铬胁迫浓度的增加,大豆下胚轴 SOD 活性表现出先升后降的趋势,这与万永吉等<sup>[16]</sup>在红秋葵上的试验结果一致。低浓度铬胁迫下 SOD 活性升高,这可能是植物对铬胁迫的一种应激反应,大豆种子可通过增强 SOD 活性来驱除由于重金属毒害产生的大量自由基;高浓度铬胁迫时 SOD 活性降低,可能是因为铬与 SOD 酶蛋白中的 SH 结合,使其催化中心或酶结构受损<sup>[17]</sup>。

综合分析表明,0.05 mmol·L<sup>-1</sup> SA 处理后,大豆种子的发芽率、发芽指数和活力指数均明显提高,大豆下胚轴 SOD 活性增强,丙二醛含量和相对电导率降低。说明 SA 可通过调节 SOD 活性,及时清除铬胁迫诱导产生的活性氧,减轻氧化胁迫程度,从而缓解铬对大豆种子萌发的毒害。

### 参考文献

- [1] Pueschel S M, Linakis J Q, Anderson A C. Lead poisoning in childhood[M]. Baltimore: Paul Brooks Publishing, 1996: 1-6.
- [2] Nilsson U, Attewell R, Christofferson J O. Kinetics of lead in bone and blood after end of occupational exposure[J]. Pharmacology & Toxicology, 1991, 68(6): 477-484.
- [3] 王凯荣, 郭众. 重金属污染对稻米品质影响的研究[J]. 农业环境科学保护, 1993, 12(6): 254-257. (Wang K R, Guo Z. Effects of heavy metals on rice quality[J]. Agro-environmental Protection, 1993, 12(6): 254-257.)
- [4] 莫争, 王春霞. 重金属 Cu、Pb、Cr、Cd 在水稻植株中的富集与分布[J]. 环境化学, 2002, 21(2): 110-116. (Mo Z, Wang C X. Distribution and enrichment of heavy metals of Cu, Pb, Zn, Cr and Cd in paddy plant[J]. Environmental Chemistry, 2002, 21(2): 110-116.)
- [5] 毛学文, 王弋博. 氯化铅对豌豆根尖细胞微核和异常分裂的作用[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(5): 406-408. (Mao X W, Wang Y B. Effect of PbCl<sub>2</sub> on micronuclei and abnormal division in root tip of *Pisum sativum*[J]. Plant Physiology Communication, 2001, 37(5): 406-408.)
- [6] 陈振华, 张胜, 胡晋, 等. 铅污染对 3 个水稻品种种子活力的影响[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(3): 269-272. (Chen Z H, Zhang S, Hu J, et al. Effects of Pb pollution on seed vigour of three rice varieties[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2005, 19(3): 269-272.)
- [7] Guo B, Liang Y C, Zhu Y G, et al. Role of salicylic acid in alleviating oxidative damage in rice roots (*Oryza sativa*) subjected to cadmium stress[J]. Environmental Pollution, 2007, 147: 743-749.
- [8] Senaratna T, Touchell D, Bunn T, et al. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants[J]. Plant Growth Regulation, 2000, 30: 157-161.
- [9] 陈珍. 水杨酸对镉胁迫下花椰菜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2009, 28(2): 39-43. (Chen Z. Effects of salicylic acid on seeds germination and seedlings growth of cauliflower under cadmium stress[J]. Seed, 2009, 28(2): 39-43.)
- [10] 任艳芳, 何俊瑜, 王思梦. 水杨酸对镉胁迫下莴苣幼苗生长和氧化胁迫的缓解效应[J]. 西南农业学报, 2009, 22(6): 1567-1570. (Ren Y F, He J Y, Wang S M. Relieving effect of exogenous salicylic acid on seedling growth and oxidative stress of lettuce under cadmium stress[J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2009, 22(6): 1567-1570.)
- [11] 任艳芳, 何俊瑜. 外源水杨酸对镉胁迫下莴苣幼苗光合性能的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(2): 156-158. (Ren Y F, He J Y. Effects of exogenous salicylic acid on photosynthetic characters of lettuce seedlings under Cr<sup>2+</sup> stress[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2010(2): 156-158.)
- [12] 张芬琴, 李晓利, 马斌山, 等. 水杨酸对镉胁迫下玉米幼苗生理特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(5): 566-569. (Zhang F Q, Li X L, Ma B S, et al. Effects of SA on physiological characteristics of maize seedling under Cr<sup>2+</sup> stress[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2006, 45(5): 566-569.)
- [13] 刘素纯, 萧浪涛, 廖柏寒, 等. 水杨酸对铅胁迫下黄瓜幼苗叶片膜脂过氧化的影响[J]. 生态环境, 2006, 15(1): 45-49. (Liu S C, Xiao L T, Liao B H, et al. Effects of exogenous salicylic acid on peroxidation of leaf membrane lipid in cucumber seedlings under lead stress[J]. Ecology and Environment, 2006, 15(1): 45-49.)
- [14] 赵雨云, 周剑红, 骆鹰, 等. 外源水杨酸对白菜种子铬毒害的缓解效应[J]. 中国种业, 2008, (8): 43-44. (Zhao Y Y, Zhou J H, Luo Y, et al. Relieving effect of exogenous salicylic acid on toxicity of cabbage seed[J]. China Seed Industry, 2008(8): 43-44.)
- [15] 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. (Liu P, Li M J. Experiment technology of plant physiology[M]. Beijing: Science Press, 2007: 123-125, 147-148, 150-152.)
- [16] 万永吉, 郑文教, 方煜, 等. 重金属铬(III)胁迫对红树植物秋茄幼苗 SOD、POD 活性及其同工酶的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2008, 47(4): 574-577. (Wan Y J, Zheng W J, Fang Y, et al. Effects of Cr(III) stress on activities and isozymes of SOD and POD of kandelia candel mangrove seedlings[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science), 2008, 47(4): 574-577.)
- [17] 李柏林, 梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系[J]. 植物生理学报, 1989, 15(1): 6-12. (Li B L, Mei H S. Relationship between oat leaf senescence and activated oxygen metabolism[J]. Acta Phytophysiologica Sinica, 1989, 15(1): 6-12.)