

# 铬、硒对水稻幼苗生长和生理的影响

石贵玉, 陈明媚

(广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004)

**摘要:**以单一铬( $\text{Cr}^{6+}$  0~200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )及硒( $\text{Se}$  0~200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )、铬硒混合液(铬 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 硒 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )处理水稻幼苗, 研究不同处理和浓度对水稻幼苗生长和生理特性影响。结果表明(1)单一铬处理, 随着铬浓度增加, 植株生长明显受到抑制, 铬毒害表现为株高、鲜重和干重受抑制, 叶片黄色、叶绿素含量下降, 体内 SOD、CAT 活性下降, POD 活性上升, 膜透性增大; (2)单一硒处理, 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  促进植株生长, 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  则抑制植株生长; (3)铬硒混合处理结果反映, 硒有减轻水稻铬毒害的作用, 表现为: 减轻铬胁迫对株高、鲜重和干重增加的抑制, 提高叶绿素含量, 提高 SOD、CAT 活性, 降低 POD 活性和膜透性。

**关键词:** 铬( $\text{Cr}^{6+}$ ); 硒( $\text{Se}$ ); 杂交水稻; 生长生理

**中图分类号:** Q945.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)03-0281-04

## Effects of $\text{Cr}^{6+}$ and Se on the growth and physiology of rice seedling

SHI Gui-yu, CHEN Ming-mei

(College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

**Abstract:** Effects of different concentration (0~200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) of Chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) or Selenium (Se) and  $\text{Cr}^{6+}$  + Se ( $\text{Cr}^{6+}$  100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , Se 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) mixture on the growth and physiological function of the hybrid rice seedling were studied. The results showed that: (1) The seedling height, fresh weight and dry weight decreased, and the content of chlorophyll, activity of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) decreased, peroxidase (POD) and cell membrane permeability increased with  $\text{Cr}^{6+}$  concentration's increase; (2) The growth of rice seedling was promoted at 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  of Se. But the growth was inhibited distinctly when the concentration of Se were increased (100~200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ); (3)  $\text{Cr}^{6+}$  + Se mixture could alleviate the  $\text{Cr}^{6+}$  toxicity, retard the inhibition of  $\text{Cr}^{6+}$  to the increase of seedling height, increase chlorophyll content, and SOD, CAT activities, decrease POD activities and membrane permeability.

**Key words:**  $\text{Cr}^{6+}$ ; Se; hybrid rice; growth physiology

随着矿产资源的大量开发利用, 各种化学产品、农药及化肥的广泛使用以及城市污泥、生活污水的农用, 导致重金属对土壤、水体的污染越来越严重。土壤、水体被重金属污染后, 不仅影响作物的产量和品质, 并且直接或间接地通过食物链危害人类健康。如何控制和减轻重金属对植物的毒害, 已引起人们的广泛关注。

铬( $\text{Cr}^{6+}$ )作为工业的“五毒”之一, 是一种毒性较大的致畸、致突变剂(顾公望等, 1993)。硒是动物和人体营养必需的微量元素, 对高等植物的生长有重要作用, 是植物生长发育的一种有益元素(陈铭

等, 1996; 尚庆茂等, 1998; 吴军等, 1999)。至今有关铬、硒对杂交水稻影响的研究, 尤其硒对铬毒害的缓解作用报道较少。本文以杂交水稻为材料, 研究了铬、硒对水稻幼苗生长的影响, 以及硒对铬胁迫下水稻幼苗生长和叶绿素含量、膜透性及抗氧化酶活性影响, 以探讨硒对铬毒害的抑制和缓解的机理。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 材料培养与处理

供试水稻(*Oryza sativa* L.)为杂交品种“优 I

收稿日期: 2004-04-12 修订日期: 2004-07-20

作者简介: 石贵玉(1953-), 男, 广西百色人, 教授, 主要从事植物生理生化教学和科研工作。

207”。选用饱满的种子以漂白粉消毒,用蒸馏水浸泡 48 h 后,置于 30 °C 培养箱中催芽,萌芽后均匀播在内置吸水纸的小方盆中,置于 30 °C 光照培养箱中每天光照 10 h (2 000 lx),以 Hoagland 营养液培养。幼苗 1 叶龄时,用含  $\text{CrSO}_4$  或  $\text{Na}_2\text{SeSO}_3$  的 Hoagland 营养液培养,处理浓度为 50、100、200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、铬硒混合液(铬 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硒 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )和对照(Hoagland 培养液),处理 10 d 后分别测定各项生理指标。

## 1.2 测定方法

1.2.1 植株生长量测定 测定处理前与处理 10 d 秧苗的高度和根长度变化,以秧苗高度、根长度增加量及 10 株秧苗的鲜重、干重表示植株生长量。

1.2.2 叶绿素含量测定 采用分光光度法,以 80% 丙酮研磨提取测定,按 Arnon 法计算叶绿素含量(张志良,1990)。

1.2.3 细胞膜透性测定 采用电导法(张志良,1990),以电导率  $\mu\text{S}/\text{cm}$  表示膜透性的大小。

1.2.4 SOD(超氧化物歧化酶)活性测定 按 Giannopolitis 等(1997)的方法,以每单位时间内抑制光化还原 50% 的氮蓝四唑(NBT)为一个酶活性单位。

1.2.5 CAT(过氧化氢酶)活性测定 参照李伯林等(1989)方法,按每单位时间内  $\text{H}_2\text{O}_2$  消失量计算酶活性。

1.2.6 POD(过氧化物酶)活性测定 用愈伤木酚氧化法(张志良,1990),以 470 nm 波长下每分钟每克材料的光密度变化表示酶活性大小。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度铬( $\text{Cr}^{6+}$ )处理对水稻幼苗生长的影响

表 1 反映,水稻幼苗用不同浓度的铬处理,低浓度铬对稻苗株高、根长表现出不同的结果,在 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,铬处理对水稻幼苗株高有抑制作用,抑制率为对照的 11.3%,对根长有促进作用,促进率为对照的 45.4%;高浓度  $\text{Cr}^{6+}$  处理,对稻苗株高和根长均呈抑制作用,苗高随着浓度的增加明显减少,如 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时抑制率为对照的 40.0%,200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  则是 65.3%,统计分析反映三种浓度的处理与对照两者差异极显著。实验结果说明低浓度的铬( $\text{Cr}^{6+}$ )处理对水稻根生长有一定的促进作用,原因有待进一步实验分析,但随着浓度的增加,均对株高、根长有抑制作用。植株鲜重和干重的变化,反映植株生长速率的快慢和积累干物质能力的

大小。表 1 亦反映不同浓度铬处理对水稻幼苗干重和鲜重均表现为抑制作用,50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,两者与对照相比较,抑制率分别为 17.6% 和 19.2%,且随着浓度的增加,抑制作用愈明显。

表 1 铬对水稻幼苗生长的影响

Table 1 Effect of  $\text{Cr}^{6+}$  on the growth of rice seedling

浓度 Conc. ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	株高(cm) Seedling height	根长(cm) Root length	鲜重 FW (g/10 株)	干重 DW (mg/10 株)
0	9.39(100)	4.01(100)	0.52(100)	85(100)
50	8.33*(88.7)	5.83(145.4)	0.42(80.8)	70(82.4)
100	5.63*(60.0)	4.45(113.2)	0.24(46.5)	65(76.5)
200	3.26*(34.7)	3.92(97.5)	0.11(21.2)	48(56.5)

\* 差异显著性为 0.05, \* Significant test at 0.05;  $\Delta$  括号中的数字为百分比 % in parentheses. (下同)。

表 2 硒对水稻幼苗生长的影响

Table 2 Effect of Se on the growth of rice seedling

浓度 Conc. ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	株高(cm) Seedling height	根长(cm) Root length	鲜重 FW (g/10 株)	干重 DW (mg/10 株)
0	9.39(100)	4.01(100)	0.52(100)	85(100)
50	10.8*(115.0)	4.52(112.7)	0.59(113.5)	90(105.9)
100	7.66*(81.6)	3.85(96.0)	0.48(92.3)	74(87.1)
200	5.73*(61.0)	2.16(53.9)	0.30(57.7)	42(49.4)

### 2.2 不同浓度硒(Se)处理对水稻幼苗生长的影响

表 2 表明,不同浓度硒处理水稻幼苗表现出不同的结果。低浓度 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,硒处理对水稻幼苗株高、根长、鲜重和干重均有促进作用,其增长率分别为对照的 15%、12.7%、13.5% 和 5.9%。100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  处理时,对水稻幼苗株高、根长、鲜重和干重均呈现抑制作用,且随着浓度的增加抑制作用愈大,对幼苗株高统计分析表明处理与对照两者差异极显著。吴军等(1999)和周文美等(1998)指出,硒在低浓度时能促进作物生长,但硒过量则对植物生长产生毒害。本实验也反映低浓度硒处理时促进水稻幼苗生长,高浓度硒处理则抑制其生长。

### 2.3 铬( $\text{Cr}^{6+}$ )硒(Se)混合液处理对水稻幼苗生长的影响

表 3 显示,铬在 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度时,对水稻幼苗的株高、鲜重和干重均表现为抑制作用。铬硒混合处理后的株高、鲜重和干重均比铬处理的高。形态上亦观察到铬处理 10 d 后,植株比对照和 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硒处理的幼苗矮小,叶片呈黄色,植株有枯卷状,但铬硒混合液处理,与对照和 50  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硒处理的幼苗比较,叶片也呈黄色,但轻于单一铬处理,且植株不呈现枯卷状。这表明硒可能减轻铬对

水稻幼苗生长的抑制作用。

表 3 铬、硒对水稻幼苗生长的影响  
Table 3 Effect of Cr<sup>6+</sup> and Se on the growth of the rice seedling

浓度 Conc. ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	株高(cm) Seedling height	根长(cm) Root length	鲜重 FW (g/10株)	干重 DW (mg/10株)
0	9.39(100)	4.01(100)	0.52(100)	85(100)
Cr <sup>6+</sup> 100	5.63(60.0)	4.54(113.2)	0.24(46.2)	65(76.5)
Se 50	10.8(115.0)	4.52(112.7)	0.59(113.5)	90(105.9)
Cr <sup>6+</sup> (100) +Se(50)	7.80(83.0)	4.50(112.2)	0.49(94.2)	77(90.6)

表 4 铬、硒对水稻叶绿素含量和膜透性的影响  
Table 4 Effect of Cr and Se on the chlorophyll content and membrane permeability of rice

浓度 Concentration ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	叶绿素含量 Chl. content (mg/gFW)	膜透性 Membrane permeability ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ )
0	1.85(100)	64(100)
Cr <sup>6+</sup> 100	1.50(81.1)	120(187.5)
Se 50	1.72(93.0)	66(103.1)
Cr <sup>6+</sup> (100)+Se(50)	1.63(88.1)	90(140.6)

#### 2.4 铬、硒对水稻叶片叶绿素和膜透性的影响

叶片颜色的变化即叶绿素含量的多少,直观地反映植株生长的状况,细胞膜透性增加亦是膜系统损伤的表现之一。从表 4 可见,无论单一 Cr<sup>6+</sup> 或 Se 处理,叶绿素含量均比对照低,膜透性则比对照高。但铬硒混合液处理水稻幼苗,其叶绿素含量高于单一铬处理,膜透性亦低于铬。说明硒可以减轻铬对水稻幼苗叶片叶绿素的分解和细胞膜结构的破坏。

表 5 铬、硒对水稻 SOD、CAT 和 POD 活性的影响  
Table 5 Effect of Cr<sup>6+</sup> and Se on the activity of SOD, CAT and POD of rice

浓度 Concentration ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SOD ( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ )	CAT ( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	POD ( $\text{OD}_{470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ )
0	499.9(100)	27.5(100)	286.0(100)
Cr <sup>6+</sup> 100	419.4(83.9)	15.0(54.5)	315.2(110.2)
Se 50	557.1(111.4)	29.2(106.2)	270.3(94.5)
Cr <sup>6+</sup> (100)+ Se(50)	440.0(88.0)	18.5(67.3)	307.1(107.4)

#### 2.5 铬、硒对水稻幼苗 SOD、CAT 和 POD 活性的影响

从表 5 可见,单一铬处理时,SOD、CAT 活性分别比对照低 16.1% 和 45.5%,POD 活性比对照高 10.2%。陈平(2002)、孔祥生(1999)等用重金属镉处理水稻和玉米幼苗,亦发现高浓度镉时,体内 SOD 活性下降,POD 活性增加。

这与本实验用铬处理水稻幼苗得到的结果有些

类似。铬、硒混合液处理水稻幼苗,SOD、CAT 活性均比单一铬处理的高,POD 活性则低,亦反映硒有缓解铬毒害的作用。

### 3 讨论

本实验结果说明,重金属铬(Cr<sup>6+</sup>)毒害使水稻幼苗植株矮小,叶片失绿,植株鲜重、干重下降,同时抗氧化酶活性下降,细胞膜透性增加。铬、硒复合处理,硒有缓解或抑制铬毒害的作用。

植物体内叶绿素含量的高低与光合作用水平的强弱密切相关。重金属铬(Cr<sup>6+</sup>)毒害引起的植株失绿,叶绿素含量下降,徐勤松等(2002)认为是铬(Cr<sup>6+</sup>)毒害使叶绿体膨胀、类囊体排列紊乱、被膜消失和叶绿体解体,导致叶绿素含量下降,最终严重影响植物光合作用的正常进行。Van 等(1990)也认为,这是由于重金属离子抑制原叶绿素酸酯还原酶活性引起的。本实验得到的铬(Cr<sup>6+</sup>)毒害使水稻幼苗生长受抑制,叶绿素含量和植株鲜重、干重下降可能与上述原因有关。加硒培养、铬毒害水稻幼苗的病症减轻,这可能是硒与重金属等污染元素之间多表现为拮抗关系(吴军等,1999),硒能增强植物对重金属、环境污染物和生理逆境的抵抗力(陈春英等,1994),但具体机理有待研究。

生物体代谢中产生的活性氧和自由基,在生物体内具有很强的毒害作用,其产生与清除作用的平衡,受保护酶类和小分子抗氧化剂的调控。徐勤松等(2002)认为铬胁迫严重破坏了体内抗氧化酶系统,尤其是 SOD 的活性,使植物体积累 O<sub>2</sub><sup>-</sup>,加剧膜脂过氧化作用。本实验也得到类似结果。我们推测铬毒害破坏了水稻幼苗体内的保护酶系统,使 SOD、CAT 活性下降,POD 活性上升,使 O<sub>2</sub><sup>-</sup>和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 活性氧在体内积累,引起膜结构受到损伤,透性增大,细胞代谢失调,最终影响植物生长。硒可以降低植物体内 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 水平,清除活性氧,降低膜脂质过氧化(吴军等,1999;赵林川等,1996)。本实验结果说明,铬与硒混合培养后,与单一铬处理者相比,稻苗体内 SOD、CAT 活性提高,POD 活性降低,膜透性减小,可能是硒缓解或抑制水稻铬毒害的机制之一。

#### 参考文献:

- 李伯林,梅慧生. 1989. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系 [J]. 植物生理学报, 15(1): 6.

- 张志良. 1990. 植物生理学实验指导(二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 88, 154, 257.
- 陈 铭, 刘更另. 1996. 高等植物的硒营养及在食物链中的作用(2)[J]. 土壤通报, 1996, 27(4): 185-188.
- 陈春英, 贺海鹰. 1994. 环境中的硒[A]. 见: 徐辉碧. 硒的化学、生物化学及其在生命科学中的应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 277-281.
- 赵林川, 俞炳泉. 1996. 硒对玉米叶片衰老的调节作用[J]. 南京农业大学学报, 19(1): 22-25.
- 顾公望, 张宏伟. 1993. 微量元素与恶性肿瘤[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 199-205.
- Chen P(陈 平), Yu TY(余土元), Chen HY(陈惠阳), et al. 2002. Effects of Se on growth and some physiological characteristics of rice seedling under Cd stress(硒对镉胁迫下水稻幼苗生长及生理特性的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), 22(3): 277-282.
- Giannopolitis CN, Ries SK. 1997. Superoxide dismutation I. Occurrence in higher plants[J]. *Plant Physiol*, 53: 315.
- Kong XS(孔祥生), Guo XP(郭秀璞), Zhang MX(张妙霞). 1999. Effect of cadmium stress on seedling growth and physiology chemistry of maize(镉胁迫对玉米幼苗生长及生理化的影响)[J]. *J Huazhong Agri Univ*(华中农业大学学报), 18(2): 111-113.
- Shang QM(尚庆茂), Li PL(李平兰). 1998. Physiological action of selenium in higher plants(硒在高等植物中的生理作用)[J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理通讯), 34(4): 284-288.
- Van Assche F, Clijsters H. 1990. Effects of metal on enzyme activity in plants[J]. *Plant Cell Environ*, 13: 195-206.
- Wu J(吴 军), Liu XF(刘秀芳), Xu HS(徐汉生). 1999. Functions of selenium in plants(硒在植物生命活动中的作用)[J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理通讯), 35(5): 417-423.
- Xu QS(徐勤松), Shi GX(施国新), Du KH(杜开和). 2002. Effects of Cr(VI) on physiological and ultrastructural changes in leaves of *Ottelia alismoides* (L.) pers(六价铬污染对水车前叶片生理生化及细胞超微结构的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), 22(1): 92-96.
- Zhou WM(周文美). 1998. Influence of applying selenium on some biochemistry properties and selenium level in rice(硒对水稻生化活性的影响)[J]. *J Mountain Agriculture and Biology*(山地农业生物学报), 17(6): 323-326.



## 研究、开发利用植物资源的工具书

### ——《广西植物志》第二卷出版

《广西植物志》记载广西野生及习见栽培的维管植物, 包括蕨类植物、裸子植物和被子植物, 分为六卷出版。由李树刚主编、韦发南副主编, 并有王文采、张宏达、吴德邻、陈德昭、陈介、陈家瑞、谷粹芝、俞德浚、徐祥浩、高蕴璋、方鼎、冯国楣、刘兰芳、高成芝、罗金裕、陆玲娣、倪芝瑜、黄锦培、陈秀香、沙文兰、毛宗铮、韦裕宗、黄德爱、陆益新、文和群等教授、学者编著的本志第二卷已由广西科学技术出版社出版。

《广西植物志》第二卷收载广西的种子植物野牡丹科至荨麻科, 共 38 科 338 属 1556 种(包括亚种、变种及变型), 对科、属、种的名称、形态特征、产地、生境、分布及已知经济用途等, 均作了扼要的介绍, 并有形态特征比较图或全貌图图版 358 幅, 含 861 种, 占全卷收载种数的 55.3%。本书文字描述简要翔实, 图文并茂, 可读性强, 可供植物学、农林、园艺、药学、轻工业等工作及教学、生产和供销部门参考应用。

本志为 16 开本, 947 页, 共 180 万字, 每本定价 ¥250 元。欲购此书者, 可向当地新华书店购买, 或与广西植物研究所标本馆联系, 另外, 该馆尚存有少量《广西植物志》第一卷, 每本定价 ¥50 元。联系人: 林女士; 联系电话: 0773-3550090。

