

重金属 Cr^{6+} 对水稻幼苗的毒害效应The Toxic Effect of Heavy Metal Cr^{6+} on Rice Seedling

石贵玉

Shi Guiyu

(广西师范大学生命科学学院 桂林市育才路 3号 541004)

(College of Life Sci., Guangxi Normal Univ., 3 Yucailu, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要 以含浓度为 $50\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $100\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $200\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的 Hoagland 营养液培养杂交水稻“优 I207”1叶龄幼苗 10 d 后,测定植株生长量、叶绿素含量、细胞膜透性、超氧化物歧化酶活性和过氧化物酶活性,以不含 Cr^{6+} 的 Hoagland 培养液为对照。结果表明,随着 Cr^{6+} 浓度的增加,植株的生长明显受到抑制,株高、根长、鲜重和干重均下降;植株叶片的叶绿素含量和 SOD 活性下降,POD 活性先上升后下降,细胞膜透性大幅度增大。表明 Cr^{6+} 的毒害导致体内保护酶活性受到抑制,膜系统受到伤害,从而影响水稻幼苗生长。

关键词 杂交水稻 保护酶 生长 铬

中图分类号 Q945

Abstract The toxic effect of different concentration of Cr^{6+} on the hybrid rice seedling was studied. The results showed that the seedling height, root length, fresh weight and dry weight decreased, rice growth distinct was inhibited, and content of chlorophyll, activity of superoxide dismutase (SOD) decreased, peroxidase (POD) had a resistant peak and decreased afterward, and cell membrane permeability increased. These indicated that activity of protective enzyme such as SOD, POD decreased, and the membrane system had been damaged by toxic of Cr^{6+} , so rice growth was inhibited.

Key words hybrid rice, protective enzyme, growth, Cr^{6+}

杂交水稻是我国主要的粮食作物,2001年种植面积达 $2.7 \times 10^8 \text{hm}^2$,增产粮食近 $4 \times 10^8 \text{t}$,产量占水稻总产量 58%^[1]。随着工业废水、废气、废渣的过度排放,使得大量的重金属进入土壤—植物生态系统,杂交水稻不可避免地受到重金属的毒害。铬作为工业的“五毒”之一,是一种毒性较大的致畸、致突变剂^[2]。有关铬的研究,以前主要集中在小麦、大麦的细胞分裂、种子生理以及水生植物的生理生化影响上^[3-5],而有关铬对水稻尤其是对杂交水稻的研究报道较少。本文以杂交水稻为材料,研究了铬(Cr^{6+})对水稻幼苗生长和叶绿素含量、细胞膜透性及抗氧化酶活性的影响,为探讨重金属对植物的毒害机理积累有价值的资料。

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

I207”。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 (2000Lx),以 Hoagland 营养液培养。幼苗 1 叶龄时,用含 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的 Hoagland 营养液培养,处理浓度为 $50\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $100\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $200\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和对照 (Hoagland 培养液),处理 10 d 后分别测定各项生理指标,并进行统计学处理。

1.2 测定方法

1.2.1 植株生长量测定 测定 Cr^{6+} 处理前与处理 10 d 后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% 丙酮研磨测定,用 Arnon 法计算叶绿素含量^[6]。

1.2.3 细胞膜透性测定 采用电导法^[6],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^[7]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 POD(过氧化物酶)活性测定 用愈伤木酚氧化法^[6],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 Cr⁶⁺ 处理对水稻幼苗株高和根长的影响

表 1 反映,低浓度 Cr⁶⁺ 对水稻株高、根长表现出不同的结果,在 50 μmol^o L⁻¹ 的浓度时, Cr⁶⁺ 处理对水稻幼苗株高有抑制作用,抑制率为对照的 11.3%,相反对根长有促进作用,促进率为对照的 45.4%;高浓度 Cr⁶⁺ 处理,对水稻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 μmol^o L⁻¹ 时抑制率为对照的 40.0%, 200 μmol^o L⁻¹ 则是 65.3%,统计分析反映 3 种浓度的株高与对照比较有显著性差异 ($P < 0.05$) 实验结果反映低浓度的 Cr⁶⁺ 处理对水稻根生长有一定的促进功能,原因有待进一步研究,但随着浓度的增加,均对株高、根长有抑制作用。

表 1 Cr⁶⁺ 对水稻株高和根长的影响

Table 1 Effect of Cr⁶⁺ on seedling height and root length of rice

浓度 Concentration (μmol ^o L ⁻¹)	株高 Seedling height (cm)	根长 Root length (cm)
0	9.39 (100)	4.01 (100)
50	8.33 (88.7)	5.83 (145.4)
100	5.63 (60.0)	4.45 (113.2)
200	3.26 (34.7)	3.92 (97.5)

* $P < 0.05$ 括号中的数字为百分比。Value in brackets were percentage.

2.2 不同浓度 Cr⁶⁺ 处理对水稻幼苗鲜重和干重的影响

表 2 反映不同浓度 Cr⁶⁺ 处理对水稻干重和鲜重均表现为抑制作用, 50 μmol^o L⁻¹ 时,水稻干重和鲜重与对照相比较,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。

2.3 不同浓度 Cr⁶⁺ 处理对水稻叶片叶绿素含量的影响

表 3 显示, Cr⁶⁺ 在 50~200 μmol^o L⁻¹ 浓度时,对水稻幼苗的影响均表现为叶绿素含量下降,且随着浓度的提高,下降的幅度愈大,在浓度 50 μmol^o L⁻¹、100 μmol^o L⁻¹ 和 200 μmol^o L⁻¹ 下,它们下降率分别为 21.9%、57.3% 和 66.4%。这与徐勤松等^[5]以铬处理水车前,随着铬浓度的增大,叶绿素含量下降愈明显的结果相一致。50 μmol^o L⁻¹ 以下浓度 Cr⁶⁺ 处理,

对水稻叶绿素含量的影响,是否表现为促进作用,有待进一步实验研究。

表 2 Cr⁶⁺ 对水稻幼苗鲜重和干重的影响

Table 2 Effect of Cr⁶⁺ on fresh weight and dry weight of rice

浓度 Concentration (μmol ^o L ⁻¹)	鲜重 (克 /10株) Fresh weight (g /10 plants)	干重 (毫克 /10株) Dry weight (mg /10 plants)
0	0.52 (100)	85 (100)
50	0.42 (80.8)	70 (82.4)
100	0.24 (46.5)	65 (76.5)
200	0.11 (21.2)	48 (56.5)

括号中的数字为百分比。Value in brackets were percentage.

表 3 Cr⁶⁺ 对水稻叶绿素含量和膜透性的影响

Table 3 Effect of Cr⁶⁺ on chlorophyll content and membrane permeability of rice

浓度 Concentration (μmol ^o L ⁻¹)	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/gFW)	膜透性 Membrane permeability (μΩ ^o cm ⁻¹)
0	2.74 (100)	77 (100)
50	2.14 (78.1)	92 (119.5)
100	1.17 (42.7)	402 (522.1)
200	0.92 (33.6)	548 (711.7)

括号中的数字为百分比。Value in brackets were percentage.

2.4 不同 Cr⁶⁺ 浓度处理对水稻幼苗细胞膜透性的影响

从表 3 可知,水稻幼苗用 Cr⁶⁺ 处理后,表现为随着浓度的增加,细胞膜透性值亦上升,且高浓度 Cr⁶⁺ 影响膜透性极大,如在 50 μmol^o L⁻¹ 时,膜透性比对照高 19.5%,而在 100 μmol^o L⁻¹ 时,则比对照高 422.1%,说明 Cr⁶⁺ 处理超过一定浓度后,细胞膜迅速受到破坏。

2.5 不同 Cr⁶⁺ 浓度处理对水稻幼苗 SOD、POD 活性的影响

从表 4 可以看出,水稻幼苗经不同浓度 Cr⁶⁺ 处理后, SOD 活性均随着浓度的上升呈下降趋势,在 100 μmol^o L⁻¹ 时, SOD 活性比对照下降了 16.1%。但 POD 活性则随着浓度的增加有明显的上升而后呈下降的趋势,如在 100 μmol^o L⁻¹ 时,酶活性比对照上升 10.2%, 200 μmol^o L⁻¹ 时则比对照下降 30.5%。陈平^[8]、孔祥生^[9]等用重金属镉处理水稻和玉米幼苗,亦发现随着镉浓度的增加,体内 SOD 活性下降, POD 活性增加后下降的结果。这与本实验用 Cr⁶⁺ 处理水稻幼苗得到的结果类似。

表 4 Cr⁶⁺ 对水稻 SOD和 POD活性的影响

Table 4 Effect of Cr⁶⁺ on activity of SOD and POD of rice

浓度 Concentration (μmol L ⁻¹)	SOD Superoxide dismutase (U° g ⁻¹ FW)	POD peroxidase (OD ₄₇₀ ° min ⁻¹ · g ⁻¹ FW)
0	499.9 (100)	286.0 (100)
50	446.6 (89.3)	306.5 (107.2)
100	419.4 (83.9)	315.2 (110.2)
200	380.5 (76.1)	198.7 (69.5)

括号中的数字为百分比。Value in brackets were percentage.

3 讨论

本实验结果说明, 重金属 Cr⁶⁺ 毒害使水稻植株矮小, 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

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 Cr⁶⁺ 毒害引起的植株失绿, 叶绿素总量下降, Van Assche F等^[10]认为是由于重金属离子抑制原叶绿素酸酯还原酶活性引起的。同时, 徐勤松等^[5]认为 Cr⁶⁺ 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。本实验得到的 Cr⁶⁺ 毒害使水稻生长受抑制, 叶绿素含量和植株鲜重、干重下降, 亦证实了这一观点。

活性氧是机体代谢过程中产生的重要自由基, 在生物体内具有很强的毒害作用。正常条件下, 植物体内活性氧的产生和清除处于相对动态平衡中, 但在逆境下体内活性氧自由基产生的速度超出了植物清除自由基的能力, 就会引起伤害。植物体内清除自由基主要由 SOD、POD和 CAT等酶系统和抗氧化物质来完成。SOD能消除 O₂⁻, CAT催化 H₂O₂分解成水和氧, POD催化 H₂O₂与酚类反应, SOD、POD和 CAT

的共同作用能有效地阻止 O₂⁻ 和 H₂O₂ 在体内积累^[11]。我们推测 Cr⁶⁺ 毒害破坏了水稻体内的保护酶系统, 使 SOD活性下降, POD活性先上升后下降, 最终使 O₂⁻ 和 H₂O₂ 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, 最终导致植物中毒死亡

参考文献

- 袁隆平. 杂交水稻学. 北京: 中国农业出版社, 2002. 1~ 2
- 顾公望, 张宏伟. 微量元素与恶性肿瘤. 上海: 上海科学技术出版社, 1993. 199~ 205.
- 蒋德富, 杨晓华. 对冬小麦 6246发芽及根尖细胞有丝分裂影响的初步研究. 环境科学, 1981, 2(5): 14~ 18.
- 张义贤. 三价铬和六价铬对大麦毒害效应的比较. 中国环境科学, 1997, 17(6): 565~ 567.
- 徐勤松, 施国新, 杜开和. 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. 广西植物, 2002, 22(1): 92~ 96.
- 张志良. 植物生理学实验指导. 第 2版. 北京: 高等教育出版社, 1990. 88, 154, 257.
- Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutation I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol, 1997, 53: 315.
- 陈平, 余土元, 陈惠阳, 等. 硒对镉胁迫下水稻幼苗生长及生理特性的影响. 广西植物, 2002, 22(30): 277~ 282.
- 孔祥生, 郭秀璞, 张妙霞. 镉胁迫对玉米幼苗生长及生理生化的影响. 华中农业大学学报, 1999, 18(2): 111~ 113.
- Van Assche F, Clijsters H. Effects of metal on enzyme activity in plants. Plant Cell Environ, 1990, 13: 195~ 206.
- 罗广华, 王爱国, 邵从本, 等. 高浓度氧对水稻幼苗的伤害与活性氧的防御酶. 中国科学院华南植物研究所集刊, 1989, 4: 169~ 176

(责任编辑: 邓大玉)

美国科学家找到对付结核病的新突破口

引起结核病的结核杆菌在医学上并不是那么容易对付, 部分原因在于它拥有结实的细胞壁。结核杆菌细胞壁由很多层组成, 最里面是一层膜, 膜上包裹着六角铁丝网形状分子, 这之外还有三道防护层。

美国威斯康星 麦迪逊大学化学教授劳拉·基斯林领导的小组在研究中发现, 一种酶对于维持结核杆菌细胞壁的完整性必不可少, 而这种酶又依赖于维生素 B₆ 的一种衍生物来建造细菌坚固的细胞壁。

科学家们已基本搞清了这种酶的工作机制。这种酶对于结核杆菌至关重要, 如果失效, 细菌将无法存活。科学家们称, 他们已成功识别出一个可用于研发对付结核病的新型抗菌素的靶标。

结核病是一种古老的传染病, 埃及木乃伊中都曾发现过结核病发病的证据。最近半个世纪, 随着抗菌素的推广应用, 结核病基本上得到了控制。但是, 20世纪 90年代以来, 结核病呈现出卷土重来之势, 目前全球平均每年仍有约 300万人死于结核病。基斯林等科学家指出, 现有绝大多数结核病治疗手段都是约 50年前开发出来的, 随着一些结核杆菌耐药性增强, 很多传统抗结核病药物也不再有效, 因此需要积极推进新型抗菌素的研发工作。

(据《科学时报》)