

镉胁迫对玉米生理特性的影响

高建兰,刘玲,张洪林

(辽宁石油化工大学 环境工程系,辽宁 抚顺 113001)

摘要:采用砂培试验,用不同浓度 Cd^{2+} 对玉米幼苗进行处理,对处理后玉米的生理特性进行了研究。结果表明:镉对玉米的毒害受到时间和浓度双重因子的控制,在低浓度镉处理下,玉米的叶绿素含量和过氧化物酶活性首先稍升高,可以认为这是植物的一种自我保护性机制在起抗胁迫作用;但随着 Cd^{2+} 处理浓度的增大,叶绿素含量和根系活力降低,脯氨酸含量增加,这表明玉米对低浓度 Cd^{2+} 有一定的抵抗能力,但在高浓度处理下则受到损害;玉米不适合作为镉污染的环境监测植物,但游离脯氨酸变化明显,因此脯氨酸可以作为植物对镉污染的监测指标。

关键词:玉米;重金属;污染;Cd;生理特性

中图分类号: X503.231

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2004)02-0105-04

重金属污染对生态系统,尤其是对陆地生态系统的影响是近年来人们所关注的一个重要的环境污染问题。镉是广泛存在于自然界的一种重金属元素,在一定浓度范围内,镉对植物显示出比其他重金属更大的毒性^[1]。

国内外关于镉对小麦、水稻、大麦等的生理影响做了较多的研究,发现镉能抑制植物光合作用和蒸腾作用,干扰植物的代谢过程,降低植物产品的产量和质量,加速植物的衰老等^[2~5],但对镉胁迫下玉米的生理特性影响的研究较少。本文以玉米为试验材料,采用砂培方法,研究了不同镉浓度处理下玉米的外部形态、叶绿素含量、过氧化物酶活性及脯氨酸含量的变化,以期反映镉胁迫下玉米的生理生态变化,为污染生态学的研究提供理论依据。

1 实验材料与方法

实验材料为玉米,品种为农大108号,购于沈阳农科院,未经任何重金属污染。

玉米用 Hoagland 营养液适应性培养至长出第一片真叶时,开始隔日浇灌含镉的溶液,Cd 浓度(mg/L)设计 5 个水平,即 0、0.2、0.5、1.0、5.0(分别记为 KB、I、II、III、IV 组),各处理重复 3 次。每 6 d 取不同镉处理的植株测定各项生理指标。其中:玉米叶片叶绿素(a、b、a/b)含量采用无水丙酮提取叶绿素后用分光光度法测定^[6],游离脯氨酸采用 3% 磺基水杨酸沸水浴提取茚三酮显色后,用 754 型分光光度计测定,根系活力取玉米植株新鲜根系参照文献^[7]的方法测定。

2 实验结果与讨论

2.1 不同镉浓度处理下玉米叶绿素 a、b、a/b 的变化

叶绿素是玉米光合作用的基础物质,因而叶片中叶绿素含量的高低是反映玉米叶片光合能力的一个重要指标。试验表明,在短期(5 d)时较低的镉浓度(小于等于 1.0 mg/L)处理下叶绿素 a 含量与空白对照有所上升(图 1),这可以解释为玉米受到镉胁迫的刺激作用,使叶绿素 a 含量略有上升。而此时 5.0 mg/L 镉浓度

收稿日期:2003-12-20

作者简介:高建兰(1970—),女,辽宁抚顺人,在读硕士研究生,主要从事环境保护科学研究。

对玉米就表现出一定的毒害作用。同时,由图 1 也可以看出,10 d 镉浓度大于等于 0.5 mg/L 处理下的三个处理组均表现出一定的毒害作用,这表明重金属镉对玉米的毒害有一定的剂量效应。但图 2 中叶绿素 b 的变化趋势却不是很明显,这可能是由于重金属镉对光反应作用中心——叶绿素 a 的光反应过程中铁氧还蛋白的影响很大。

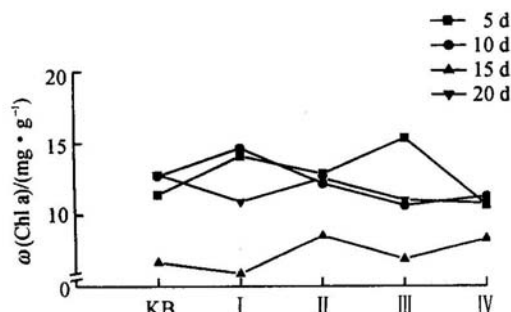


图 1 不同处理下玉米叶绿素 a 含量的变化

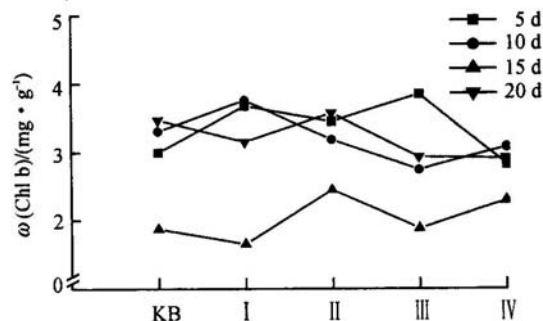


图 2 不同处理下玉米叶绿素 b 含量的变化

此外,图 3 表明叶绿素总量在 10 d 时呈明显下降趋势,虽然植物的外在生态特征上没有明显表现但生理指标数据表明植物叶片失绿。同时,我们发现在 15 d 时玉米叶绿素总量有所回升,但是在 20 d 时叶绿素总量又有所下降。这表明虽然玉米对外界胁迫有一定的适应能力,但随时间因子的累积,镉离子在植株体内的积累对玉米的伤害逐渐显现出来。

由表 1 可看出,在 5 d 时玉米叶绿素 a/b 的数值明显增加,这说明叶绿素 a 的变化幅度明显大于叶绿素 b,表明叶绿素 a 比叶绿素 b 对镉敏感;但是在 20 d 时叶绿素 a/b 的数值与空白样比较增加的幅度显著下降了,而且第 1、2 组出现了下降的趋势,这说明相同处理条件下叶绿素 a 所受到的伤害是比较大的。

表 1 不同浓度镉处理下玉米叶绿素 a/b 的变化

$\rho(\text{Cd})$ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Chl a/Chl b			
	5 d	10 d	15 d	20 d
0	3.797 4	3.843 9	3.561 4	3.693 9
0.2	3.834 4	3.896 4	3.561 0	3.449 1
0.5	3.724 4	3.819 1	3.483 2	3.508 9
1.0	3.996 6	3.870 8	3.663 1	3.755 2
5.0	3.774 1	3.659 9	3.626 1	3.705 1

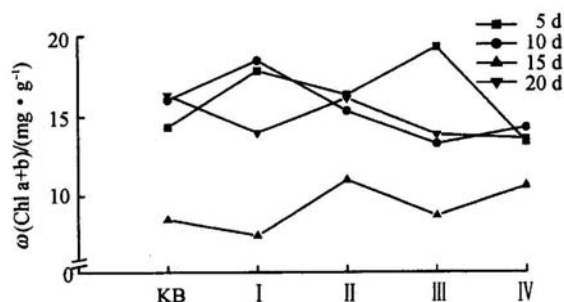


图 3 不同处理下玉米叶绿素 a+b 含量的变化

2.2 不同镉浓度处理下玉米根系活力的变化

植物在受到逆境胁迫时,会使体内自由基的产生与清除的平衡遭到破坏,导致植物体内生物自由基的积累和膜透性的提高,从而造成对植物的伤害^[8,9]。过氧化氢酶(CAT)能催化 H_2O_2 分解成水和氧,它与植物代谢强度及抗逆境能力密切相关,因此,玉米根系活力是反映其生理代谢状况的又一指标。

本试验表明,重金属镉对玉米根系有影响,并有一定的剂量效应。表现为在 5 d 时镉浓度 1.0 mg/L 处理组的根系活力迅速增大到 36.585 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 。这说明了低镉浓度处理下的玉米根系产生一种应激反应,生长发育增强(见表 2),这可能是由于试验所用的氯化镉盐类对植物的暂时性激活;但随镉处理时间的延长,在 5 d 到 15 d 各镉浓度处理的玉米根系活力都降低,其中镉处理浓度 1.0 mg/L 的玉米根系活力下降的趋势最为明显(如图 4),这可以解释为由于重金属抑制剂对酶的抑制作用增强;同时,我们也可以看出镉 5.0 mg/L 的曲线总是在最下方,这说明镉浓度 5.0 mg/L 处理下玉米的根系活力在任何处理时间比其他浓度处理的玉米的根系活力都低。植物体内对重金属含量存在一个耐性临界值,此耐性临界值分上限和下限两个指标:上限时植株受到严重毒害,甚至死亡;下限时植物根系生长受限。镉浓度 5.0 mg/L 正是在玉米受镉毒害的耐性临界范围内,这和镉对叶绿素影响的分析结果相一致。

表2 不同浓度镉处理下玉米根系活力的变化

$\rho(\text{Cd})$ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\omega/(\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1})$			
	5 d	10 d	15 d	20 d
0	31.098 5	25.904 0	22.035 2	25.064 1
0.2	28.602 4	16.103 1	13.057 0	22.172 3
0.5	30.877 9	14.919 4	16.340 7	19.674 0
1.0	36.480 4	13.435 5	13.831 4	22.747 2
1.5	24.913 5	13.790 4	11.456 3	14.615 9

此外,不同镉浓度处理下玉米根系活力在20 d又有所回复(图5),其中镉处理浓度1.0 mg/L的回复程度达到90.89%,但镉处理浓度5.0 mg/L的玉米根系活力回复情况较差,仅为56.72%,这说明玉米根系活力随镉处理浓度的增加而受抑制后,虽然能表现一定的适应性,但高浓度、长时期重金属毒害对玉米会产生不可逆损伤。

2.3 不同镉浓度处理对玉米游离脯氨酸的影响

脯氨酸作为植物重要的渗透调节物质,它的积累有着对逆境适应的意义。在重金属离子污染下,其含量的变化可以认为是植物对逆境胁迫的一种生理生化反应。

从图6可以看出,在5 d时与空白样比较,镉浓度小于等于1.0 mg/L处理的两组玉米中游离脯氨酸含量都稍高,此含量的升高,可以降低水势,维持植物体内的水分平衡,保持植物的正常生长。但含量变化的趋势不是很明显,这表明在短时期、低浓度的重金属镉盐对玉米虽有刺激作用,但玉米对重金属镉还是有较强的忍受能力。在15 d时各浓度处理下的玉米中游离脯氨酸含量与空白样比有大幅度下降,这说明植物对逆境的适应能力渐强。由图中20 d时的脯氨酸曲线可以看出,Cd处理浓度0.2 mg/L组脯氨酸含量在20 d时下降明显,这是因为此时的镉浓度对玉米的生长发育几乎不影响。但当重金属镉处理浓度大于等于0.5 mg/L时,15 d以前玉米可以忍受重金属镉的胁迫,15 d后重金属的毒害作用就会累积增强,刺激玉米中脯氨酸的积累,使曲线迅速上升,由此可以看出,重金属镉对玉米的影响受时间因子的制约。

3 结 论

镉对玉米的毒害在形态上没有明显症状表现,其毒害受时间和浓度双重因子的制约,随其在玉米体内的积累逐步呈现出来。试验表明,镉过多使玉米叶片失绿,叶绿素总量下降,同时还发现在高浓度镉作用时,叶绿素a相对于叶绿素b更不稳定;玉米在低浓度镉短时间作用下,根系产生一种应激反应,根系生长发育暂时增强,但当根系的生长介质中存在过多或高浓度重金属作用时,对根系就有直接毒害作用,由此可见,镉的介入可以导致营养胁迫,从而使根系的生长受到影响;同时发现,重金属污染胁迫作用明显影响玉米体内脯氨酸的变化,长时间、大剂量可导致玉米体内脯氨酸含量增加,因此,脯氨酸可以作为植物对重金属离子的同期抗逆性指标;另外,试验表明,玉米对镉污染有较强的忍受能力,在短时期内它的某些生理生化指标变化并不很明显,因此,玉米不适合作为监测重金属镉污染的环境监测植物。

参考文献:

- [1] Baszynski T. Interference of Cd^{2+} in functioning of the photosynthetic apparatus of higher plants[J]. Anta Soc Bat Pol, 1986,55:291-304.

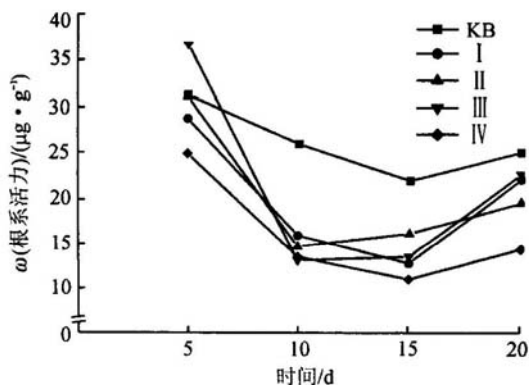


图4 不同浓度镉处理下玉米根系活力的变化

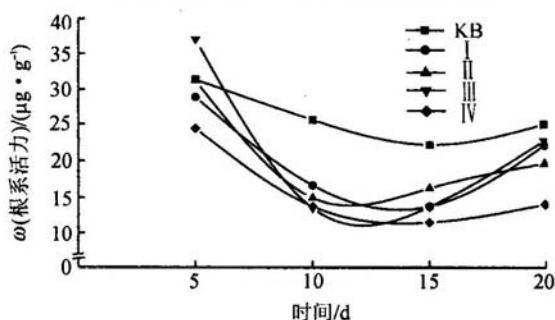


图5 不同镉处理玉米根系活力的回复

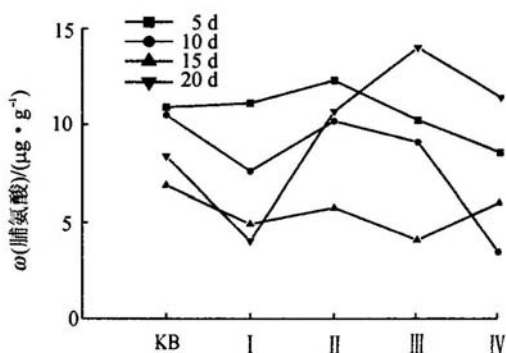


图6 不同镉浓度处理下玉米游离脯氨酸含量的变化

- [2] Bazaar F A, Rolfe G L, Garlson R W. The effect of cadmium on photosynthesis and transpiration of excised leaves of corn and sunflower[J]. *Physiologic Plant*, 1974, 34: 373—377.
- [3] Lee K C, Cuningham B A, Paulsen G M, et al. Effects of cadmium on respiration rate and activities of several enzymes in soybean seedlings[J]. *Pistols Plant*, 1976, 36: 1—6.
- [4] Lakshamu K C, Virinder K G, Surinder K S. Effect of cadmium on enzyme of nitrogen metabolism in seedling[J]. *Photocher*, 1992, 31(2): 395—400.
- [5] 奉天才, 吴玉树, 王焕校, 等. 镉铅及其相互作用对小白菜根系生理生态效应的研究[J]. *生态学报*, 1998, 18(3): 320—325.
- [6] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1980. 86.
- [7] 张 雄. 用“TTC”法测定小麦根和花粉的活力及其应用[J]. *植物生理学通讯*, 1982, 18(3): 48—50.
- [8] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993. 71—100.
- [9] Monk L S, Fagerstedt K V, Crawford R. M. M. Oxygen toxicity and super oxide demitasse as antioxidant in physiological stress[J]. *Physiologic Plant*, 1989, 76: 45—81.

Effects of Cd intimidation on physiological characteristics of maize

GAO Jian-lan, LIU Ling, ZHANG Hong-lin

(Dept. of Environmental Engineering, Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun 113001, China)

Abstract: In this paper, sand-culture medium was used to investigate the physiological and ecological response of maize to cadmium pollution stress. The results show that the toxicity of Cd^{2+} on maize is controlled by time and concentration of Cd^{2+} . The indexes of Chlorophyll contents and Peroxide enzyme increased firstly in lower concentration of Cd^{2+} , which may be regarded as a protecting function of plants. With the cumulating of Cd^{2+} , the chlorophyll values and the activity of root decreased and the free proline increased. It indicates that the resistance of maize against lower concentration of Cd^{2+} is slightly higher, while the cells would have been harmed at the great amount of Cd^{2+} . Maize is not suit to be the environmental supervising plant for the heavy metal Cd. While the indexes of dissociate proline is changed obviously, it can be the monitoring index of heavy metal pollution.

Key words: maize; metals; pollution; cadmium; physiological characteristics