

镉对油菜叶细胞膜的损伤及细胞自身保护机制初探

徐秋曼¹, 陈 宏², 程景胜², 高 虹²

(1. 天津大学化工学院, 天津 300072; 2. 天津师范大学生物系, 天津 300074)

摘 要: 砂基培养 50 d 的油菜幼苗, 用不同浓度的 CdCl₂ 溶液灌溉后, 研究叶细胞膜结构与功能及细胞保护系统的变化。结果表明, 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌, 叶细胞膜结构与功能及细胞保护系统未见明显变化; 浓度大于 1 mg · L⁻¹ 时, 叶组织细胞膜脂质过氧化水平升高, 膜结构损伤, 膜透性增大。1—20 mg · L⁻¹ Cd 污灌, SOD、POD、CAT 活性表现出不同程度的升高, 细胞呈现出积极性自身保护机制; 50 mg · L⁻¹ Cd 污灌, SOD、POD、CAT 活性下降, 细胞自身积极性保护作用消失。说明细胞自身保护系统只能在一定范围内起积极作用。

关键词: 镉; 油菜; 叶; 细胞膜; 保护酶

中图分类号: X132 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)04 – 0235 – 03

Injure of Cadmium on Cell Membrane of Rape Leaf and its Protection Mechanism

XU Qiu-man¹, CHEN Hong², CHENG Jing-sheng², GAO Hong²

(1. Chemical Industry College, Tianjin University, Tianjin 300072 China; 2. Department of Biology, Tianjin Normal University, Tianjin 300074 China)

Abstract: Effects of different CdCl₂ concentrations on rape seedlings cultivated in sand for 50 days were studied. The results showed that the structure and function of leaf cell membrane, and the cell endogenous protection system had no measurable changes with Cd concentration of 0.1 mg · L⁻¹. But, when Cd concentration was higher than 1 mg · L⁻¹, the membrane lipid peroxidation was quickened, membrane structure was harmed, and permeability of membrane was increased. At concentration of Cd 1—20 mg · L⁻¹, the activities of SOD, POD and CAT were accelerated in varying degrees, and the cells presented a positive endogenous protection effect. At 50 mg Cd · L⁻¹, the activities of SOD, POD and CAT went down steadily, and the positive protection effect disappeared. It is suggested that only within a certain limit, the cell endogenous protection system have a positive protection effect.

Keywords: Cd ; rape; leaf; cell membrane; protective enzymes

随着采矿、冶炼以及 Cd 处理等工业的发展, Cd 污染问题日益严重^[1,2]。据调查日本受 Cd 污染的农田有 314 750 hm², 我国 11 个污灌区遭受 Cd 污染的农田有 12 000 hm^{2[2]}。Cd 是危害植物生长发育最终危害人体健康的有毒元素, 是毒性最强的重金属元素之一。有关 Cd 污染对植物引起危害问题, 已引起人们的高度重视, 这方面的研究也日趋活跃^[3,4], 很多学者从不同侧面研究了 Cd 对植物的生理生态效应, 以期促进 Cd 污染的理论研究和防治。有关 Cd 对油菜危害机制的研究尚未见报道。本文探讨 Cd 对油菜叶细胞膜结构的影响及细胞保护系统的变化, 为揭示 Cd 对植物作用机制提供依据。

收稿日期: 2000 – 12 – 06

作者简介: 徐秋曼(1969—), 女, 博士在读, 主要从事植物抗性生理、生化等方面的研究。

1 材料与方法

1.1 材料处理

装有 4 cm 厚石英砂的大搪瓷盘加蒸馏水至石英砂湿润, 将油菜种子(西油 B – 2)用 0.1% 的 HgCl₂ 消毒后播种于石英砂中, 重复 15 次, 置玻璃室中培养, 播后第 7 d 加入培养液^[5], 以后每星期更换培养液一次, 培养 50 d 后, 分别用蒸馏水、0.1、1、10、20、50 mg · L⁻¹ Cd 溶液(用 CdCl₂ 配制, 以 Cd²⁺ 计算浓度)灌溉, 每处理重复 5 次, 灌溉后每 24 h 取叶一次, 进行测定。

1.2 测定方法

细胞膜透性参考朱广廉^[6]的方法, 用 DDS – IIA 型电导仪测定圆片叶相对电导值, 以相对电导率表示叶细胞膜的相对透性; MDA 测定采用林植芳^[7]的方

法; SOD 测定按 Giannopolitis^[10] 的方法; POD 测定采用张志良^[15] 的方法; CAT 测定采用过氧化氢分解量法^[8]。

2 结果与分析

2.1 Cd 对油菜叶细胞膜脂质过氧化水平及细胞膜透性的影响

由表 1、2 可见, 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌对油菜叶 MDA 含量及组织相对电导率变化影响不大。Cd 污灌浓度大于 1 mg · L⁻¹ 时, 随着 Cd 浓度的升高和处理时间的延长, 油菜叶 MDA 含量升高, 组织相对电导率升高。如污灌第 6 d, 1 mg · L⁻¹ Cd 灌溉样品 MDA 升高 3.9%, 相对电导率升高 4.8%, 而 50 mg · L⁻¹ Cd 灌溉样品 MDA 升高 42.6%, 相对电导率升高 56.3%; 50 mg · L⁻¹ 灌溉组, 第 1 d MDA 升高 21.8%, 相对电导率升高 40.7%, 而第 10 d MDA 升高 40.4%, 相对电导率升高 66.8%, 说明 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌对油菜叶细胞膜几乎无损伤作用, Cd 浓度大于 1 mg · L⁻¹ 时, 引起油菜叶细胞膜脂质过氧化水平升高和细胞膜透性增大。此效应随 Cd 浓度的升高和处理时间的延长而加强。

表 1 Cd 对油菜叶 MDA 含量的影响

Table 1 Effects of Cd on contents of MDA in rape leaf (μmol · g⁻¹ in FW)

处理浓度 /mg · L ⁻¹	污灌天数/d						
	1	2	3	4	6	8	10
CK	22.0	21.5	22.9	22.8	23.0	23.4	23.5
0.1	21.8	22.0	23.0	22.4	22.9	23.7	23.6
1	22.1	22.4	23.2	23.5	23.9	24.0	24.7
10	23.0	23.1	23.5	24.0	24.2	24.5	24.9
20	23.5	23.8	24.3	26.0	28.1	27.3	27.0
50	26.8	27.9	29.8	29.6	32.8	32.4	33.0

注:MDA 含量的单位:μmol · g⁻¹FW。

表 2 Cd 对油菜叶细胞膜透性(相对电导率)的影响(%)

Table 2 Effect of Cd on permeability of membrane of rape leaf

处理浓度 /mg · L ⁻¹	污灌天数/d						
	1	2	3	4	6	8	10
CK	4.10	4.15	4.14	4.18	4.21	4.23	4.22
0.1	4.07	4.11	4.10	4.13	4.22	4.19	4.25
1	4.22	4.26	4.28	4.32	4.41	4.55	4.67
10	4.39	4.52	4.53	4.63	4.71	4.82	4.83
20	4.54	4.58	4.81	4.88	5.23	5.49	5.51
50	5.77	6.01	6.36	6.39	6.58	6.87	7.04

2.2 Cd 对油菜叶 SOD、POD、CAT 活性的影响

从图 1 可见, 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌 SOD 无明显变化, 1 mg · L⁻¹—20 mg · L⁻¹ Cd 污灌后 SOD 活性

高于对照,而且随时间延长而上升,10 mg · L⁻¹ Cd 污灌促进能力最强,10 d 时增幅可达 55%。50 mg · L⁻¹ Cd 污灌组 SOD 活性低于对照,且无上升趋势。

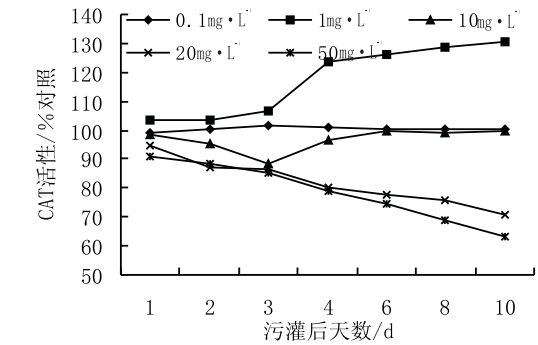


图 1 Cd 对油菜叶 SOD 活性的影响

Figure 1 Impact of Cd on activities of SOD in rape leaf

从图 2 可见, 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌 POD 活性无明显变化, 1、10 和 20 mg · L⁻¹ 污灌组, 污灌开始 POD 活性下降, 随着污灌时间延长, POD 活性有回升趋势, 1 mg · L⁻¹ 1 d 后、10 mg · L⁻¹ 4 d 后、20 mg · L⁻¹ 6 d 后 POD 活性超过对照。1 mg · L⁻¹ 污灌对 POD 活性刺激能力最大, 增幅可达 32%。50 mg · L⁻¹ Cd 污灌组 POD 活性大大低于对照, 且无回升趋势。

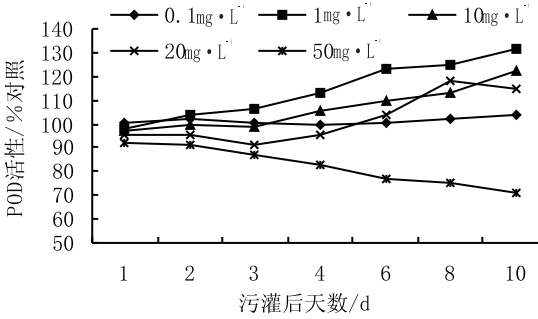


图 2 Cd 对油菜叶 POD 活性的影响

Figure 2 Impact of Cd on activities of POD in rape leaf

从图 3 可见, 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌, CAT 活性变化不大; 1 mg · L⁻¹ Cd 污灌, 引起 CAT 活性升高, 并随着污灌时间的延长, 幅度增大, 污灌后 10 d 达 31%; 10 mg · L⁻¹ Cd 污灌后, CAT 活性前 4 d 下降, 第 6 d 开始回升, 6 d 以后接近对照。10 和 50 mg · L⁻¹ Cd 污灌, CAT 活性在 10 d 内一直下降。

分析 SOD、POD、CAT 活性结果可知: 0.1 mg · L⁻¹ Cd 污灌几乎不会引起油菜叶保护酶活性的变化; 1—10 mg · L⁻¹ Cd 污灌三种酶反应不同, 但随时间的延长都表现一定程度的回升趋势, 说明三种酶都具有积极性抗 Cd 保护细胞功能。SOD 反应最积极,

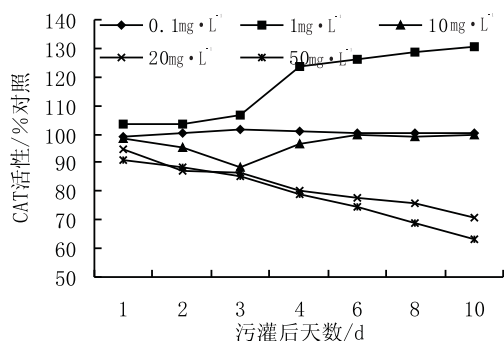


图 3 Cd 对油菜叶 CAT 活性的影响

Figure 3 Impact of Cd on activities of CAT in rape leaf

污灌后 1 d 酶活性就升高, 且随时间的增长逐渐升高, 升幅可达 55%。POD 反应次之, 开始酶活性下降, 低于对照, 以后酶活性逐渐回升, 高于对照, 升幅可达 32%。CAT 反应最消极, 1 mg · L⁻¹ Cd 污灌, 表现出积极反应, 升幅可达 31%, 10 mg · L⁻¹ Cd 污灌表现微弱反应, 20 mg · L⁻¹ Cd 污灌无积极反应; 油菜幼苗在 50 mg · L⁻¹ Cd 污灌后, 三种酶活性都大大降低, 且无回升趋势, 说明 Cd 浓度过高, 细胞自身保护机制不能发挥作用。

3 讨论

植物细胞膜系统是植物细胞和外界环境进行物质交换和信息交流的界面和屏障, 其稳定性是细胞进行正常生理功能的基础。细胞膜透性是评定植物对污染物反应的方法之一, 细胞外渗液的电导度与污染物浓度呈正相关^[9]。细胞膜透性的增大是由膜损伤引起的, 而细胞膜的损伤是由细胞膜脂质过氧化作用造成的^[6]。Valke^[11]指出, Cd 能直接与膜蛋白的 -SH 结合或与磷酸乙醇胺和单分子层的磷脂线氨酸反应而使细胞质膜的结构和功能受到破坏, 改变细胞膜透性。研究表明, Cd 污灌导致细胞膜脂质过氧化水平升高, 引起细胞膜结构损伤, 使细胞膜透性增大, 这是 Cd 对油菜苗伤害的重要途径之一。

不良环境诱发以及生物体代谢过程产生的自由基对植物膜系统有伤害作用^[12]。但是生物体自身有一种保护系统来清除产生的自由基, 以减轻危害。SOD、POD、CAT 是植物适应多种逆境胁迫的重要酶类, 统称为植物保护酶系统^[12]。植物细胞存在着自由基的产生和消除这两个过程, 只有 SOD、POD、CAT 三者协调一致才能使生物自由基维持在一个低水平, 从而防止细胞受自由基的毒害。研究表明, 油菜苗 Cd 污灌后 SOD、POD、CAT 三种酶呈现出不同程度的积极性保护作用, 说明植物保护酶能随环境变化而改变。

参考文献:

- [1] 郭笃发. 环境中铅和镉的来源及其对人和动物的危害[J]. 环境科学进展, 1994, 2(3): 71 - 76.
- [2] 廖自基. 微量元素的环境化学及生物效应[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993. 299 - 302.
- [3] 夏增禄. 土壤环境容量及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 1988.
- [4] 段昌群, 王焕校. Pb²⁺、Cd²⁺、Hg²⁺ 对蚕豆 (*Vicia faba* L.) 乳酸脱氢酶的影响[J]. 生态学报, 1998, 18(4): 413 - 417.
- [5] 张志良. 植物和生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987. 45, 154.
- [6] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 252, 245.
- [7] 林植芳, 李双顺, 林桂珠, 等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. 植物学报, 1984, 26(6): 605 - 615.
- [8] 山东农学院, 西北农学院. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1985. 109.
- [9] 王焕校. 污染生态学基础[M]. 昆明: 云南大学出版社, 1985. 109.
- [10] Giannopolitis C N and Pies S K. Superoxide dismutase II. Purification and quantitative relationship with water soluble protein in seedlings[J]. *Plant Physiol*, 1997, 59: 315 - 318.
- [11] Vallee B I and Ulmer D D. Biochemical effects of mercury, cadmium and lead [J]. *Annu Rev Biochem*, 1972, 41: 91 - 128.
- [12] Fridovich I. The biology of oxygen radicals. The superoxide radical is an agent of oxygen toxicity: superoxide dismutase provide an important defence[J]. *Science*, 1978, 201: 875 - 880.

《集约化农业的环境问题与对策》征订启事

针对农业集约化生产造成的生态环境问题, 我所组织国内各学科专家、学者充分研讨和交流, 编辑出版了《集约化农业的环境问题与对策》。该书涉及水资源、土壤、化肥、农药、农膜、秸秆焚烧、畜禽养殖废弃物污染及对策, 全球气候变暖问题等, 内容丰富, 有助于从事农业生产、管理和科技工作者对集约化农业环境问题的关注, 有助于促进该领域的深入研究与思考。有需要者请与农业部环境保护科研监测所科研处联系购买。

联系人: 王 今 张金凤 地 址: 天津市南开区复康路 31 号 农业部环境保护科研监测所 邮 编: 300191

电 话: 022 - 23003821 传 真: 022 - 23369515