

Hg、Cd 及其共同作用对烟草叶绿素含量及抗氧化酶系统的影响^{*}

严重玲 付舜珍 方重华 陈蓉蓉¹

吴善绮 沈 芹

(贵州师大生物系, 贵阳 550001) (1 贵州省环保科研所, 贵阳 550002)

摘 要 本文报道了 Hg、Cd 及二者共同作用明显不同程度地影响烟草叶绿素含量及抗氧化酶系统。受 Hg、Cd 胁迫后, 随着土壤中 Hg、Cd 浓度的增加, 叶绿素含量、叶绿素 a/b 值、CAT 活性逐渐减小, SOD 活性先升后降, POD 活性则逐渐增加。同时也表现出单一 Hg、Cd 对烟草叶绿素含量及抗氧化酶系统的影响明显大于 Hg、Cd 二者的共同作用。

关键词 Hg、Cd 胁迫 共同作用 烟草 叶绿素 抗氧化酶系统

EFFECTS OF Hg, Cd AND THEIR INTERACTION ON CHLOROPHYLL CONTENT AND ANTIOXIDANT ENZYME SYSTEMS IN LEAVES OF TOBACCO

Yan Chongling, Fu Shunzhen, Fang Chonghua, Chen Rongrong¹

Wu Shanyi and Shen Qin

(Department of Biology, Guizhou Teachers University, Guiyang 550001)

(1 Guizhou Institute of Environmental Protection, Guiyang 550002)

Abstract The paper deals with Hg, Cd and their interaction on chlorophyll content and antioxidant enzyme systems in leaves of tobacco. The result indicates that, as increasing of the concentration of Hg and/or Cd in soil, content of chlorophyll, chlorophyll a/b values and activity of CAT decreased, the activity of SOD increased first and decreased afterwards and the activity of POD increased. The effects of single Hg and single Cd on chlorophyll content and antioxidant enzymes systems were both more obvious than that of the interaction of Hg and Cd.

Key words Hg stress, Cd stress, Interaction, Tobacco, Chlorophyll content, Antioxidant enzyme systems

许多研究表明, 植物在逆境如干旱、盐害、环境污染等条件下, 植物体会产生过量的对

* 本文于1995-10-17收稿, 1996-02-05收到修改稿。
贵州省自然科学基金资助项目。

细胞膜结构和功能起破坏作用的活性氧自由基。这些过剩的活性氧使细胞膜结构过氧化作用加强, 内源抗氧化能力减弱, 造成整个活性氧代谢系统紊乱。

Hg、Cd 是环境中主要金属污染物, Hg、Cd 对植物的影响, 国内外已进行了不少的研究, 但多集中在吸收、富集方面。对植物抗氧化酶系统的影响的研究还未见报道。本文以烟草为材料, 探讨 Hg、Cd 及其共同作用对叶绿素和抗氧化酶系统的影响。

1 材料和方法

1.1 材料

烟草、红花大金元(*Nicotiana tabacum*)。

1.2 方法

1.2.1 栽培方法

供试土壤为贵州典型酸性黄壤(pH=5.2), 肥源为复合化肥, 全部肥料做基肥一次施入, 烟草单株移苗盆栽, 成活后以污灌方式按一定浓度一次施入 HgCl₂、CdCl₂ 和 2.5H₂O。Hg、Cd 浓度设 4 个系列, 以单纯 Hg 或 Cd 计算, 单一 Hg、Cd 系列为 10、30、50 和 100 ($\times 10^{-6}$); Hg+ Cd 和 Cd+ Hg 系列分别为 30+ 10、30+ 30、30+ 50、30+ 100 ($\times 10^{-6}$)。每处理重复 5 次, 再设一组对照(未加 Hg、Cd)。

盆栽处理 25d 后取各处理植株中部相同叶位的叶片, 洗净并用蒸馏水冲洗, 吸水纸擦干去掉主脉, 测定叶绿素含量、SOD、POD 和 CAT 活性。

1.2.2 测定方法

叶绿素含量的测定, 根据 Arnon (1949) 法, 单位 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)

SOD 活性: 按照 Bewley 等 (1979) 所改进的 NBT 光还原法测定, 单位 ($\times 10^3 \text{U nit} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)。

POD 活性按照李瑞智等 (1984) 的方法测定, 单位 ($\text{OD}_{450} \cdot \text{mg}^{-1} \text{protein}$)。

CAT 活性按照碘量法测定, 单位 ($\text{H}_2\text{O}_2 \cdot \text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)。

2 结果与分析

2.1 Hg、Cd 对叶绿素含量及叶绿素 a/b 值的影响

从图 1 中可以看出, Hg、Cd 及其共同作用明显影响烟草叶片中叶绿素含量。与对照相比, 随着各处理中 Hg、Cd 浓度逐渐增加, 叶绿素含量逐渐减少, 其中以单一 Cd 处理系列最明显。单一 Hg、Cd 处理中, Cd 表现出较 Hg 更大的对叶绿素破坏作用。Hg+ Cd 处理系列中, 叶绿素含量明显高于单一 Cd 或 Hg 处理系列, 但仍有低于 Cd+ Hg 处理系列的趋势, 尤其在烟草的伸根和旺长阶段。这也间接说明了 Cd 对叶绿素含量的影响明显大于 Hg。从植株外部形态上来看, 在相同生育期中 Cd 处理系列的植株叶片明显较其它处理系列偏黄。这种 Cd 能引起植物叶片叶绿素含量减少, 致使叶片失绿的研究结果与 Burton 等 (1986) 和孙赛初等 (1985) 的研究结果一致。

表 1 显示出叶绿素 a/b 值有随着 Hg、Cd 处理浓度增大而逐渐减小的趋势;

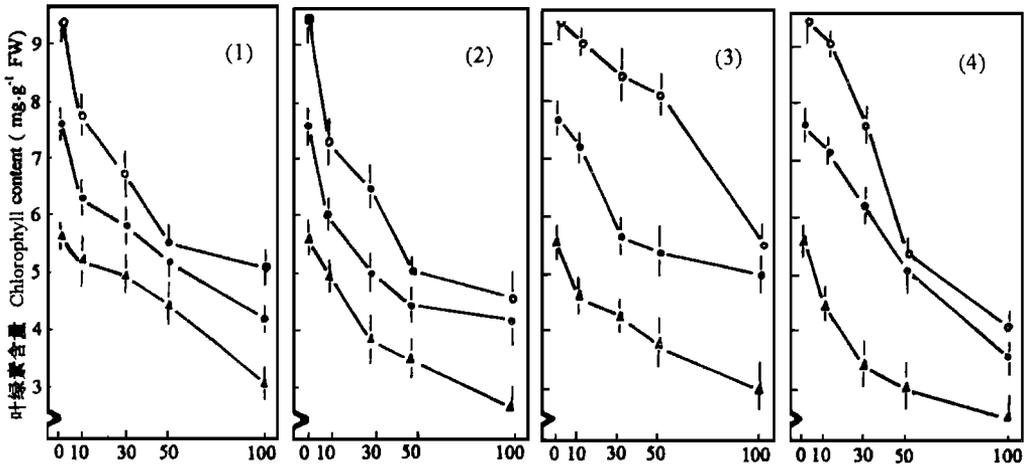


图1 Hg, Cd 及其共同作用对叶绿素的影响

Fig. 1 Influence of Hg, Cd stress on chlorophyll

(1)单-Hg Single Hg (2)单-Cd Single Cd (3)Cd+ Hg(Cd 30×10^{-6}) (4)Hg+ Cd(Hg 30×10^{-6})
 伸根期 Extension root period ° - ° 旺长期 Vigorous period - 成熟期 Mature period (图2, 图3和图4图例同此 The legends of Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4 are the same as Fig. 1)

表1 Hg, Cd 及其共同作用对烟草叶绿素a/b 值的影响

Table 1 Influence of Hg, Cd and their interaction on a/b values in leaves of tobacco

处理 Treatment	生育期 Growth period				
	伸根期 Extension root period	旺长期 Vigorous period	成熟期 Mature period		
	0	1.277	1.940	1.834	
CK	0	1.277	1.940	1.834	
	10	1.139	1.917	1.724	
	Hg ($\times 10^{-6}$)	30	1.200	1.799	1.650
		50	1.135	1.399	1.536
		100	1.135	1.366	1.493
Cd ($\times 10^{-6}$)	10	1.182	1.832	1.844	
	30	1.191	1.854	1.677	
	50	1.171	1.145	1.453	
	100	0.844	1.017	1.385	
	Cd+ Hg ($\times 10^{-6}$)	30+ 10	1.199	1.919	1.821
30+ 30		1.233	1.883	1.817	
30+ 50		1.171	1.888	1.728	
30+ 100		1.118	1.436	1.150	
Hg+ Cd ($\times 10^{-6}$)	30+ 10	1.234	1.931	1.809	
	30+ 30	1.233	1.883	1.817	
	30+ 50	1.195	1.857	1.688	
	30+ 100	1.177	1.819	1.584	

叶绿素含量减少和叶绿素 a/b 值减小是衡量叶片衰老较重要的生理指标(严重玲等, 1995)(谈峰等, 1990)这说明 Hg、Cd 及其共同作用加速了植物叶片衰老过程。

2.2 Hg、Cd 及其共同作用对 SOD 活性的影响

图2表明, Hg、Cd 及其共同作用使叶片 SOD 活性随着其处理浓度的增加, 而逐渐高于同一生育期的对照。但是当土壤中 Hg、Cd 浓度继续增大时, SOD 活性在某一处理浓度上转而急速或缓慢下降, 甚至低于同一生育期的对照。在烟草成熟期, 4个处理系列中, 每个系列的 SOD 活性上升或下降幅度变化远不及同处理系列的其它生育期。伸根期 SOD 活性变化幅度最大, 这是由于植株移栽后, 恢复生长不久, 其抗逆能力较差, 随着生育期进程, 其抗逆能力增强, 植株对 Hg、Cd 及其共同作用的敏感性减弱所致。单一的 Hg、Cd 处理系列 SOD 活性变化幅度大于 Hg+ Cd 和 Cd+ Hg 处理系列。并且后者的 SOD 活性最高点向处理浓度加大的方向前移。

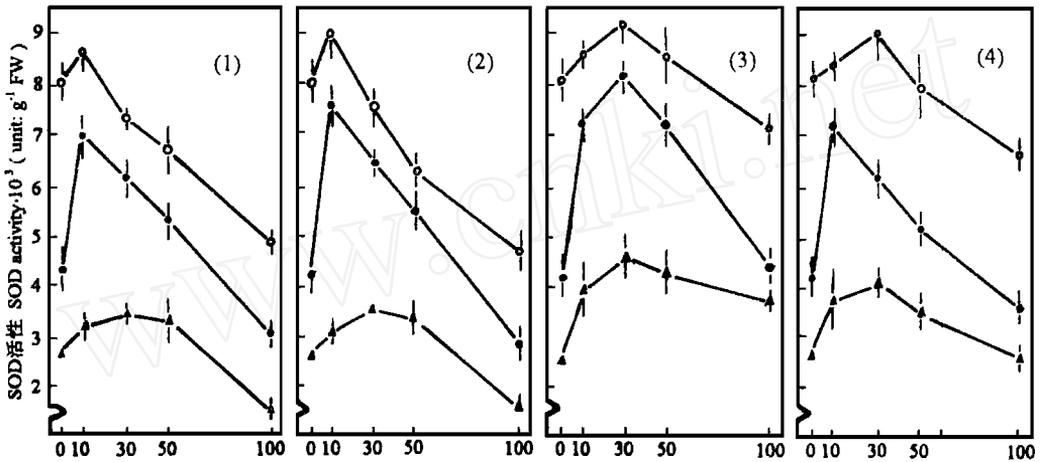


图2 Hg、Cd 及其共同作用对 SOD 活性的影响

Fig. 2 Influence of Hg, Cd stress on activity of SOD

许多研究表明 SOD 作为超氧自由基清除剂, 其活性高低与植物抗逆性大小有一定相关性。它在适度逆境诱导下增加其活性以提高其适应能力, 抵抗逆境而得以生存。该研究也表明, 烟草叶片 SOD 在低浓度 Hg、Cd 胁迫下, 体内所具有防御机能和具抗性特征的生理活动被刺激而加快, 体内自身防卫体系中 SOD 活性迅速升高以对付土壤中 Hg、Cd 所引起体内活性氧的增加而免遭受害。但随着 Cd、Hg 离子继续增加, 活性氧的增加远远超过正常的歧化能力, 对植物影响加重, 细胞内多种功能膜及酶系统被破坏, 生理代谢紊乱, SOD 活性反而受到抑制而急剧或缓慢下降, 甚至远远低于同一生育期的对照。

2.3 Hg、Cd 及其共同作用对 POD 活性的影响

实验结果表明(图3), 在烟草各生育期中, 随着土壤中 Hg、Cd 的浓度增大, POD 活性逐渐增加, 其中以 Hg+ Cd 和 Cd+ Hg 两个处理系列变化幅度最大, 单一 Cd、Hg 处理的 POD 活性变化幅度相对较小。各处理随着生育期进程, POD 活性也逐渐增加。

POD 在 Hg、Cd 及其共同作用下, 其活性增加可能是由于 Hg、Cd 进入植物组织后,

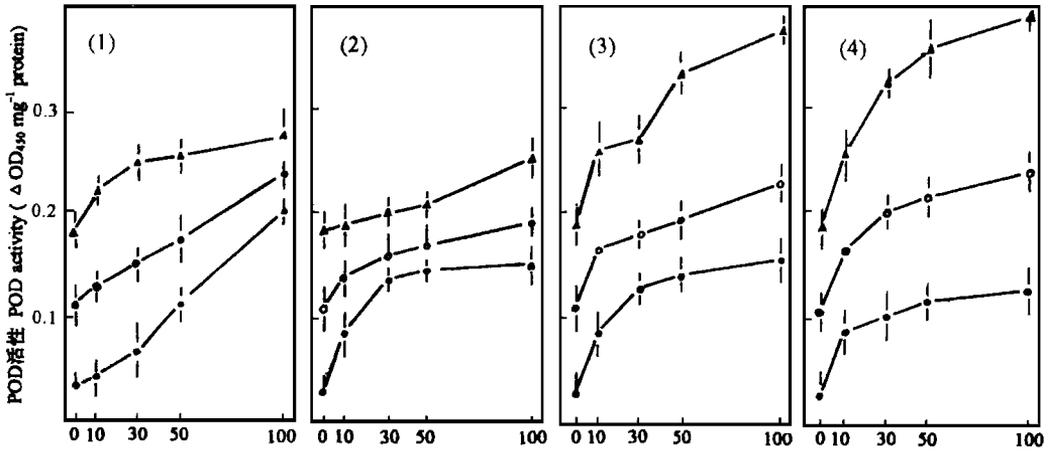


图3 Hg, Cd 及其共同作用对 POD 活性的影响

Fig 3 Influence of Hg, Cd stress on activity of POD

通过一系列生理生化反应产生了一些对植物体有害的过氧化物, 而随着土壤中 Hg、Cd 浓度的增大, 这种过氧化物在植物体内逐渐增加, 由于 POD 具有催化这些对自身有害的过氧化物的氧化分解的功能, 因此随着植物体内这些 POD 酶底物浓度的增加, 诱使 POD 活性增加所致。

有研究表明, 过氧化物酶(POD)也随着细胞老化, 其活性逐渐增加(严重玲等, 1995; 李振国等, 1981), 该研究也证实了这一点, 即随着对照及各处理系列的生育期进程, POD 活性逐渐增加, 因此, 对于各处理系列来说, POD 活性的增加除了受 Hg、Cd 胁迫影响增加外, 还包括烟草叶片正常衰老所增加的部分。

2.4 Hg, Cd 及其共同作用对 CAT 活性的影响

从图4可以看出, 无论单一 Hg、Cd 处理系列, 还是 Hg + Cd 或 Cd + Hg 处理系列,

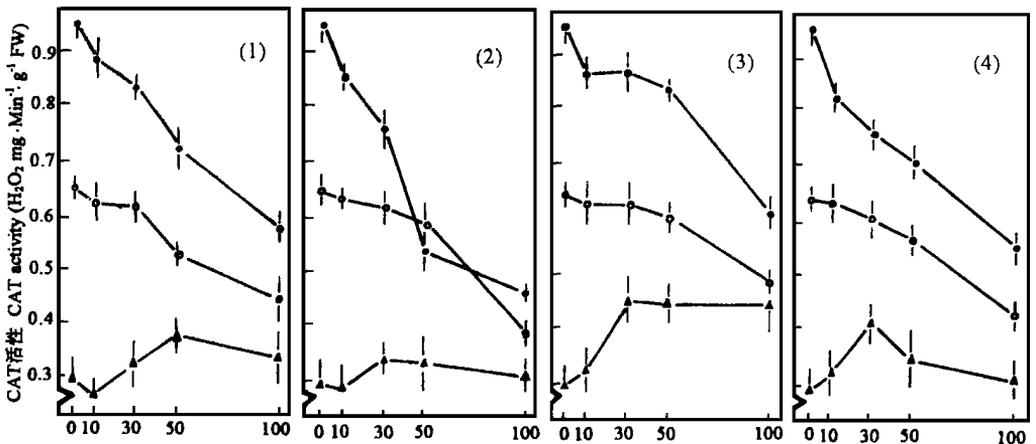


图4 Hg, Cd 及其共同作用对 CAT 活性的影响

Fig 4 Influence of Hg, Cd stress on activity of CAT

CAT 活性大都随着 Hg、Cd 处理浓度的增加而逐渐减小。仅仅当烟草进入成熟期后,与对照相比,CAT 活性有不同程度的增加,在4个处理系列中以 Cd 处理系列的 CAT 活性下降幅度最大,并且在成熟期时,CAT 活性上升幅度最小。

CAT 能够有效地清除叶片中的 H_2O_2 , 阻止 H_2O_2 在体内积累而限制潜在的氧伤害。在该实验中 CAT 活性变小而有利于 H_2O_2 的积累,从而导致植物膜结构受损。

以上研究结果表明: Hg、Cd 及其共同作用明显不同程度地影响叶片中叶绿素含量和抗氧化酶系统,致使叶绿素总量减少,叶绿素 a/b 值减小。造成抗氧化酶系统内多种酶之间的活性比不平衡,生理生化过程紊乱,导致植物受害。

参 考 文 献

- 孙赛初等, 1985: 水生维管束植物受镉污染后生理生化受害机制初探, 植物生理学报, 11: 113~ 121。
- 严重玲、李瑞智、钟章成, 1995: 模拟酸雨对绿豆、玉米生理生态特性的影响, 应用生态学报, 6: 124~ 131。
- 李振国、吴有梅、刘思等, 1981: 植物对二氧化硫的反应和抗性的研究, 植物生理学报, 7(4) 363~ 370。
- 李瑞智、黄林, 1984: SO_2 对作物叶片过氧化物酶的影响, 西南师范大学学报, 3: 114~ 116。
- 谈峰等, 1990: 甘薯叶片发育和衰老过程中光合特性的变化, 西南师范大学学报, 3: 380~ 385。
- Bewley, T. D. , 1979: Physiological aspect of desiccation tolerance Ann. Rev. Plant Physiol. 30: 195~ 238。
- Burton K. W. , et al. , 1986: Chlorophyll as an indicator of the upper critical tissue concentration of cadmium in plants Water, Air Soil Pollu. 27(1~ 2) 147~ 154。