

土壤-烟草系统中烟草叶绿素对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应

齐 敏

(贵州省环境保护科学研究所 贵阳 550002)

摘 要 土壤-烟草系统中烟草叶绿素对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应试验结果表明,无论 3 种元素是单一作用、两两作用或是共同作用,烟草叶片中叶绿素含量随各元素处理的浓度增大而明显减少,且呈显著负相关关系,叶绿素 a/b 值亦如此。3 种元素对烟草叶绿素的影响程度为 Cd>Pb>Hg,呈单元素胁迫<两两元素作用<三元素共同作用的趋势,并表现出一定的协合作用。

关键词 Hg、Cd、Pb 胁迫 叶绿素 烟草

Response of chlorophyll in tobacco leaves on Hg, Cd, Pb stress in soil-tobacco system. QI Min (Guizhou Institute of Environment Protection Science, Guiyang 550002), *CJEA*, 2001, 9(4): 82~84

Abstract Response of chlorophyll in tobacco leaves on Hg, Cd, Pb stress has been studied by pot experiment in soil-tobacco system. The results show that chlorophyll content and a/b value in tobacco leaves is gradually reduced with increase of Hg, Cd, Pb treatment concentration, whatever it is affected by single one element, two elements or three elements. It is significantly negative correlation between chlorophyll content and concentration of Hg, Cd, Pb. The effect of Hg, Cd, Pb on chlorophyll exists Cd treatment > Pb treatment > Hg treatment, single element treatment < two elements treatment < three elements treatment.

Key words Hg Cd Pb stress, Chlorophyll, Tobacco

土壤重金属污染不仅退化土壤肥力,降低作物产量与品质,且恶化水环境并通过食物链危及人类的生命和健康^[3~5]。而重金属在土壤系统中产生污染过程具有长期隐蔽和不可逆的特点,有“化学定时炸弹”之说。侵入土壤重金属在一定时期内可能相对不表现或弱表现出对环境的危害,但随着积累量超过生物承受的“阈值”时,将导致整个生态系统严重灾害甚至全面崩溃。当土壤中有毒物质对植物产生影响时就已经表明土壤污染相当严重,土壤重金属污染尤以 Hg、Cd、Pb 污染最常见且最严重,有关 Hg、Cd、Pb 单一元素对某种植物毒害的研究国内外已有大量报道,但环境中单一的 Hg、Cd、Pb 污染是很少见的,目前多种重金属对作物复合污染影响以及多元素共同作用的研究报道尚少见。为此对烟草进行毒理试验,了解植物叶绿素对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应,为消除 Hg、Cd、Pb 毒害,制定环境容量或卫生标准提供理论依据,并为修复重金属污染土地提供直接或间接生物学理论依据,这对于发展绿色食品生产、治理环境污染和制定食品生产卫生与地方环境保护标准均具有重要意义。

1 试验材料与方法

试验采用盆栽,供试烟草为“红花大金元”,供试土壤为黄壤(pH=5.2),肥源为复合肥,全部肥料作基肥 1 次施入。烟草苗单株移苗盆栽,成活后以污灌方式按一定浓度 1 次施入 HgCl₂, CdCl₂ · 2.5H₂O 和 Pb(Ac)₂。设 10 个系列以单纯 Hg、Cd、Pb 计算,各处理系列重金属离子浓度见表 1。设对照组(未加 Hg、Cd、Pb),随机区组排列设计,每处理 5 次重复,在烟草伸根期、旺长期、成熟期各取相同叶位叶片洗净并用蒸馏

表 1 各处理重金属系列离子浓度

Tab. 1 The ions concentration of heavy metal under all treatment series

Hg	Cd	Pb	离子浓度/mg · kg ⁻¹ Ions concentration						
			Hg+Cd	Cd+Hg	Pb+Cd	Cd+Pb	Pb+Hg	Hg+Pb	Hg+Cd+Pb
10	10	100	30+10	30+10	300+10	30+100	300+10	30+100	10+10+100
30	30	300	30+30	30+30	300+30	30+300	300+30	30+300	30+30+300
50	50	500	30+50	30+50	300+50	30+500	300+50	30+500	50+50+500
100	100	1000	30+100	30+100	300+100	30+1000	300+100	30+1000	100+100+1000

水冲洗后吸水纸揩干待测,采用 Arnon(1949)法测定叶绿素含量及叶绿素 a/b 值。

2 结果与讨论

2.1 植物叶绿素对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应

试验结果(见表 2)表明,在 Hg、Cd、Pb 单一元素胁迫下各处理组与对照相比烟草叶片叶绿素含量明显随 Hg、Cd、Pb 处理浓度增加而减少,其中 Cd 对植物叶绿素含量的影响最大,所测烟草伸根期、旺长期和成熟期叶片叶绿素含量基本随 Cd 处理浓度的增加呈直线下降,3 种元素处理植物叶绿素含量受影响的程度为 Cd>Pb>Hg。植物叶片叶绿素含量对

表 2 烟草叶绿素鲜物质含量对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应

Tab. 2 Effect of Hg, Cd, Pb stress on fresh chlorophyll content in tobacco leaves

重金属 Heavy metal	叶绿素鲜物质含量/mg·g ⁻¹ 处理浓度/mg·kg ⁻¹		Fresh chlorophyll content Treatment concentration			相关系数 R Correlative coefficient
	0	10	30	50	100	
Cd	9.35	7.20	6.40	4.93	4.22	-0.899
	7.60	5.80	4.86	4.17	4.00	-0.982
	5.64	4.33	3.00	2.26	4.77	-0.664
Pb	9.35	7.40	7.00	6.60	4.98	-
	7.60	6.55	6.10	5.71	3.95	-0.979
	5.64	4.66	4.33	3.90	3.15	-0.977
Hg	9.35	7.60	6.60	5.37	5.20	-0.964
	7.60	6.27	5.87	5.16	4.16	-0.965
	5.64	5.20	4.89	4.26	3.13	-0.961
Cd*+Hg	9.35	9.05	8.31	8.10	5.43	-0.969
	7.60	7.13	5.53	5.36	5.00	-
	5.64	4.46	4.14	4.08	3.16	-0.887
Hg*+Cd	9.35	9.07	7.42	5.32	4.20	-0.859
	7.60	7.10	6.10	5.10	3.56	-0.983
	5.64	4.27	3.20	3.08	2.78	-0.858
Cd*+Pb***	9.35	6.95	5.78	4.56	2.40	-0.936
	7.60	5.60	3.88	3.00	1.77	-0.987
	5.64	4.00	2.78	2.00	0.95	-0.999
Pb**+Cd	9.35	7.20	5.90	5.10	3.77	-0.998
	7.60	5.24	4.56	3.55	2.95	-0.988
	5.64	3.95	3.00	2.22	1.05	-0.985
Hg*+Pb***	9.35	7.82	6.07	4.30	3.10	-0.986
	7.60	6.80	6.03	4.07	2.36	-0.972
	5.64	4.14	3.87	3.24	2.20	-0.944
Hg+Cd+Pb***	7.60	4.41	3.49	2.78	1.63	-0.980
	7.60	5.60	3.88	3.00	1.77	-0.978
	7.60	6.43	6.03	4.47	3.41	-0.961
Pb**+Cd	7.60	7.13	5.53	5.36	5.00	-0.892
	7.60	7.10	6.10	5.10	3.56	-0.909
	7.60	6.43	6.03	4.47	3.41	-0.981
Hg*+Pb***	7.60	6.80	6.03	4.07	2.36	-0.991
	7.60	6.27	5.87	5.16	4.16	-0.960
	7.60	5.80	4.86	4.17	4.00	-0.952
Pb***	7.60	6.55	6.10	5.71	3.95	-0.874

* 为固定处理浓度 30mg/kg, ** 为固定处理浓度 300mg/kg, *** 为各处理浓度扩大 10 倍。

在试验种植形态结构观察中发现 Hg、Cd、Pb 对植物也有影响,相同生育期中 Cd 处理系列植株叶片明显较其他处理系列偏黄,且 Cd 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 K. W. *et al.* [3] 和孙赛初等 [2] 研究结果相一致;且叶片偏薄,提前落叶,这也间接说明 Cd 对叶绿素含量的影响明显大于 Hg、Pb。3 个生育期中由于伸根期正值幼苗移栽后不久,其叶绿素含量介于旺长期与成熟期之间,而旺长期生长速度和物质积累最快并为进入生殖期做物质准备,因此其光合作用强、叶绿素含量最多,而成熟期则生长代谢速度减弱,光合作用速率降低。试验结果还表明,无论 Hg、Cd、Pb 3 种元素是单一、两两或共同作用,叶绿素含量与元素处理的浓度呈显著负相关关系。

2.2 叶绿素 a/b 值对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应

试验结果表明(见表 3)与对照相比,无论是 3 种元素的单一、两两处理或共同作用叶片叶绿素含量均随元素处理浓度的增加而减小,在单一元素处理系列中 Cd 对叶片叶绿素 a/b 值的影响最大,Pb 次之,Hg 相对较弱,且元素单一作用<3 元素共同作用。土壤 Hg、Cd、Pb 胁迫对植物的作用,既影响了叶绿素含量也影响了叶绿素 a/b 值,叶绿素 a/b 值的减少是因 3 种重金属作用造成叶绿素 a 和叶绿素 b 的分解速率不一所致,由于叶绿素 a 的分解速率大于叶绿素 b,致使两者含量比值(a/b 值)减小 [6]。叶绿素是高等绿色植物进行光合作用的主要色素系统,其含量在一定程度上反映植物光合能力的大小。环境生态因子对其含量有十分明显的影响 [1]。由于叶绿素含量直接关系到光合作用的光能转化,而叶绿体膜的荧光发射几乎全部来自叶绿素 a,故叶绿素 a 含量的增大(即叶绿素 a/b 值的增大)将有助于光合作用的光能吸收、转化和植物的碳氧化作用加强 [6],因此植物叶绿素含量及 a/b 值对 Hg、Cd、Pb 胁迫的响应表明,这 3 种元素影响了植物的光合作用

和光合产物的产生。叶绿素含量减少和叶绿素 a/b 值的减小是植物叶片衰老的重要表征之一^[6], 该研究也表明 Hg、Cd、Pb 的胁迫造成叶绿素含量减少和叶绿素 a/b 值减小, 结果导致植物叶片衰老加速, 缩短了有效光合作用的时段, 造成植物体光合营养源的“衰竭”, 这说明 Hg、Cd、Pb 胁迫具有加速烟草叶片老化的作用。叶绿素含量的减少可能是由于 Hg、Cd、Pb 进入植物体内, 使叶绿体酶活性比例失调, 致使叶绿素分解加快, 同时由于 Hg、Cd、Pb 局部积累过多, 与叶绿体中蛋白质上的-SH基结合或取代其中的 Fe、Zn、Mg, 使叶绿素

表 3 Hg、Cd、Pb 胁迫对烟草叶绿素鲜物质 a/b 值的影响

Tab. 3 Effect of Hg, Cd, Pb stress on fresh chlorophyll a/b values in tobacco leaves

重金属 Heavy metal	处理浓度/mg·kg ⁻¹ Concentrations	叶绿素鲜物质 a/b 值 伸根期 Root extension	Fresh chlorophyll a/b values 旺长期 Vigorous	叶绿素鲜物质 a/b 值 成熟期 Mature	重金属 Heavy metal	处理浓度/mg·kg ⁻¹ Concentrations	叶绿素鲜物质 a/b 值 伸根期 Root extension	Fresh chlorophyll a/b values 旺长期 Vigorous	叶绿素鲜物质 a/b 值 成熟期 Mature	
CK	0	1.277	1.940	1.834	Pb** + Cd	10	1.210	1.836	1.812	
Cd	10	1.182	1.832	1.844	30	1.119	1.811	1.801		
	30	1.191	1.854	1.677	50	1.051	1.807	1.703		
	50	1.171	1.145	1.453	100	0.936	1.705	1.532		
	100	0.844	1.017	1.385	10	1.199	1.918	1.821		
	100	1.187	1.901	1.806	30	1.233	1.883	1.817		
Pb	300	1.212	1.785	1.665	50	1.171	1.868	1.728		
	500	1.053	1.620	1.548	100	1.118	1.436	1.150		
	1000	0.980	1.496	1.528	Hg* + Cd	10	1.234	1.931	1.809	
	10	1.139	1.917	1.724	30	1.233	1.883	1.817		
	30	1.200	1.799	1.650	50	1.195	1.857	1.688		
Hg	50	1.135	1.399	1.536	100	1.177	1.819	1.584		
	100	1.135	1.366	1.493	Pb** + Hg	10	1.243	1.916	1.436	
	100	1.190	1.853	1.776	30	1.239	1.753	1.424		
	300	1.119	1.811	1.801	50	1.184	1.698	1.223		
	500	1.161	1.521	1.621	100	1.162	0.721	1.079		
Cd* + Pb	1000	1.073	1.461	1.430	Hg* + Pb	100	1.255	1.920	1.526	
	100	1.190	1.853	1.776	300	1.239	1.816	1.424		
	300	1.119	1.811	1.801	500	1.222	1.513	1.307		
	500	1.161	1.521	1.621	1000	1.059	1.155	1.227		
	1000	1.073	1.461	1.430						

* 为固定处理浓度 30mg/kg; ** 为固定处理浓度 300mg/kg.

蛋白质中心离子组成变化而失去活性, 如 Cd 与 Zn^[2,6] 具有相近的核外电子构型而发生替代, 进而使叶绿素中心离子组成改变而失去活性所造成。Hg、Cd 与 Pb 三者共同作用明显大于单一或两两作用, 这说明它们具有对叶绿素破坏的协合作用。

3 小结

土壤-烟草系统中烟草叶绿素含量和叶绿素 a/b 值在 Hg、Cd、Pb 胁迫下随 3 种元素处理浓度的增加而减小。在 Hg、Cd、Pb 直接或间接影响下植物叶片衰老速度加快, 有效光合作用的时段缩短, 光合能力下降, 导致植物最终受害。

参 考 文 献

- 1 林 鹏. 中国红树林生态系. 北京, 科学出版社, 1997. 251~295
- 2 孙赛初等. 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, 1985 (11), 113~121
- 3 Burton K. W., *et al.* Chlorophyll as an indicator of upper critical tissue concentration cadmium in plants. *Water Air Soil Pollu.* 1986, 27(1,2): 147~154
- 4 Mark R. Macnair. Tansley review. The genetics of metal tolerance in vascular plants. *New Phytophysio.* 1993, 49(124): 541~559
- 5 YAN Chongling, HONG Yetang, WANG Shijie, *et al.* Effect of Pb, Hg and Cd in soil on scavenging system of activated oxygen in tobacco leaves. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(2): 115~116
- 6 YAN Chongling, HONG Yetang, LIN Peng, *et al.* Effect of rare-earth elements on physiological and biochemical responses of wheat under acid rain stress. *Progress in Nature Science*, 1999, 9(12): 929~933

欢迎订阅 2002 年《北方园艺》

《北方园艺》是由黑龙江省园艺学会、黑龙江省农业科学院园艺分院共同主办的综合性科技期刊, 主要报道蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究内容以及综述、动态与信息等, 适于研究人员、大专院校师生、农技推广人员等阅读。本刊为双月刊, 国内外公开发行, 每期定价 6.00 元, 全年 36.00 元, 邮发代号: 14-150, 全国各地邮局均可订阅。漏订者可汇款至本刊补订(请在汇款单上注明订户姓名、详细地址及需订内容), 如需挂号另加邮资(全年)12.00 元。地址: (150069) 哈尔滨市哈平路义发源《北方园艺》编辑部。