

# 大田蔬菜 Pb、Cd 污染途径的研究\*

李其林 刘光德 黄 昫 曾祥燕

(重庆市农业环境保护监测站 重庆 400020) (重庆市化工职业技术学校 重庆 400020)

**摘 要** 大田蔬菜土壤监测结果表明,污染区土壤全 Pb、全 Cd 和有效铅、有效镉含量均低于非污染区,但蔬菜莴笋、大葱和小葱 Pb、Cd 含量明显高于非污染区。土壤全 Pb、全 Cd 和有效铅、有效镉呈相关性,蔬菜干物质质量和鲜物质质量 Pb、Cd 呈相关性,表明重金属 Pb、Cd 污染有同步性。而同一地点土壤有效铅与蔬菜 Pb 含量、土壤有效镉与蔬菜 Cd 含量均无相关性,表明蔬菜 Pb、Cd 污染与土壤关系较小。非污染区蔬菜均无超标样本,污染区蔬菜样本超标率为 40.0%,且以莴笋、大葱、苋菜和芹菜等叶菜类为主,大田蔬菜 Pb、Cd 主要污染途径源于大气污染。

**关键词** 大田 蔬菜 Pb Cd 污染途径

**Research on polluted channel of Pb and Cd in the field vegetables.** LI Qi-Lin, LIU Guang-De, HUANG Yun (Chongqing Monitoring Station of Agricultural Environmental Protection, Chongqing 400020), ZENG Xiang-Yan (Chongqing Technical School of Chemical Industry, Chongqing 400020), *CJEA*, 2004, 12(4):149~152

**Abstract** The soil monitoring of the field vegetables shows that the whole contents and the effective contents of Pb and Cd in polluted area are lower than those in non-polluted region, but the contents of Pb and Cd in lettuce and green Chinese onion and shallot are obvious higher than those in non-polluted region. They have coherency about the whole contents and the effective contents of Pb and Cd in soils, and in the dry and fresh weight of vegetables, Pb and Cd have coherency, it shows that the Pb and Cd pollution have a synchronizing step. In the same place, the effective contents of Pb in soils and the contents of Pb in vegetables, the effective contents of Cd in soils and the contents of Cd in vegetables all have not coherency, showing that the Pb and Cd pollutions in vegetables has no relation with soils. The vegetables in non-polluted area haven't exceed standard samples and the sample exceed standard rate in polluted area is 40%, and the vegetable breeds of exceed standard display the leafy-vegetable type such as lettuce, green Chinese onion, pigweed, celery and so on. So the main pollution channel of Pb and Cd in field vegetables comes from the atmosphere pollution.

**Key words** Field, Vegetable, Pb, Cd, Pollution channel

蔬菜的直接污染包括农药污染、大气中有毒有害气体及粉尘污染等,间接污染包括污染水体经灌溉进入菜田污染蔬菜,或污染菜田土壤后再污染蔬菜<sup>[1]</sup>。目前我国实施的无公害蔬菜行动计划主要强调控制蔬菜的农药污染残留率,而淡化了蔬菜有毒重金属的污染问题。重金属元素通过抑制蔬菜植物细胞分裂和伸长,刺激和抑制一些酶活性,影响其组织蛋白质合成,降低光合作用,伤害细胞膜系统,从而影响蔬菜生长发育<sup>[2]</sup>和食用安全性。控制与降低蔬菜农药污染只要严格控制农药生产源头,减少菜田农药使用量,就能收效良好,但有毒重金属污染的控制难度很大。国外发达国家自 20 世纪 60 年代始即已高度重视农产品有毒重金属的污染。有关蔬菜有毒重金属污染途径的研究目前尚少见报道,且我国该方面的研究仅停留于实验室模拟。本试验研究了重庆市典型区域大田蔬菜重金属 Pb、Cd 污染的途径,为发展无公害蔬菜生产提供理论依据。

## 1 研究方法

研究区域为重庆市受大气污染较重的大渡口区、长寿区(污染区)和受大气污染较轻的沙坪坝区、南岸区(非污染区),同步分别采集 4 个区典型大田 0~20cm 耕层土壤和蔬菜混合样品,每个土壤混合样品由 10 个分样品(每个分样品 1kg)组成,土壤样品混合均匀后用四分法缩分至 1kg 左右;每个蔬菜混合样品采集 5~10 株(蔬菜个体较大品种采用四分法缩分至 1kg 左右)。土壤样品自然风干后弃去杂物,磨细过 100 目筛装瓶备用。蔬菜样品洗净晾干后取食用部分混合均匀,鲜样直接消化测定,干样置 65℃ 烘箱烘干后磨细装瓶备用,用原子吸收分光光度法分别测定土壤和蔬菜 Pb、Cd 含量。

\* 重庆市农业局项目“重庆市无公害蔬菜行动计划”部分研究内容

收稿日期:2003-06-22 改回日期:2003-07-25

## 2 结果与分析

由表 1 可知污染区土壤全 Pb 范围为 23.528~56.696mg/kg,有效铅0.045~10.965mg/kg,全Cd 0.100~0.381mg/kg,有效镉 0.035~0.220mg/kg;非污染区土壤全 Pb 为 33.428~70.244mg/kg,有效铅 0.090~9.945mg/kg,全 Cd 0.160~0.600mg/kg,有效镉 0.020~0.255mg/kg,表明土壤全 Pb、全 Cd 变化幅度较小,而土壤有效铅和有效镉变化幅度较大。由表 2 可知污染区蔬菜鲜物质量含 Pb 0.0113~0.7071mg/kg,蔬菜干物质量含 Pb 0.2825~6.6365mg/kg,蔬菜鲜物质量含Cd 0.0025~0.1710mg/kg,蔬菜干物质量含

表 1 4 区土壤样品中 Pb、Cd 含量比较

Tab.1 Comparison of Pb and Cd contents in soil samples of four areas

采样地区	样品编号	全 Pb/mg·kg <sup>-1</sup>	有效铅/mg·kg <sup>-1</sup>	全 Cd/mg·kg <sup>-1</sup>	有效镉/mg·kg <sup>-1</sup>	采样地区	样品编号	全 Pb/mg·kg <sup>-1</sup>	有效铅/mg·kg <sup>-1</sup>	全 Cd/mg·kg <sup>-1</sup>	有效镉/mg·kg <sup>-1</sup>	
Sample area	Sample number	Total Pb	Effective Pb	Total Cd	Effective Cd	Sample area	Sample number	Total Pb	Effective Pb	Total Cd	Effective Cd	
大渡口区	1	46.568	0.045	0.376	0.180	南岸区	8	33.176	0.045	0.315	0.110	
	2	34.268	0.185	0.270	0.170		9	34.004	0.045	0.336	0.060	
	3	27.404	1.625	0.360	0.155		10	33.848	0.090	0.194	0.040	
	4	33.704	0.185	0.290	0.165		1	55.316	1.720	0.330	0.185	
	5	56.696	0.140	0.370	0.115		2	53.696	1.810	0.390	0.235	
	6	23.528	0.045	0.100	0.035		3	70.244	0.090	0.600	0.020	
	7	26.432	0.140	0.220	0.160		4	47.804	4.090	0.270	0.185	
	8	45.572	2.415	0.310	0.140		5	33.428	8.875	0.160	0.125	
	9	38.240	3.765	0.310	0.135		沙坪坝区	1	37.160	1.950	0.308	0.185
	10	33.788	3.020	0.250	0.090			2	45.500	6.970	0.372	0.185
长寿区	1	53.264	1.670	0.312	0.155	3		52.580	8.830	0.311	0.255	
	2	31.436	5.670	0.206	0.220	4		44.372	5.900	0.228	0.135	
	3	34.196	0.045	0.244	0.045	5	40.760	9.945	0.272	0.165		
	4	38.900	4.880	0.350	0.155	6	51.320	1.860	0.367	0.110		
	5	39.344	0.045	0.340	0.080	7	42.716	0.185	0.392	0.085		
	6	31.304	0.185	0.177	0.125	8	36.476	0.650	0.384	0.170		
	7	37.028	10.965	0.381	0.145	9	41.600	0.465	0.270	0.155		

表 2 4 区蔬菜样品中 Pb、Cd 含量比较

Tab.2 Comparison of Pb and Cd contents in vegetables of four areas

采样地区	样品编号	蔬菜名称	Pb/mg·kg <sup>-1</sup>		Cd/mg·kg <sup>-1</sup>		采样地区	样品编号	蔬菜名称	Pb/mg·kg <sup>-1</sup>		Cd/mg·kg <sup>-1</sup>		
			鲜物质量	干物质量	鲜物质量	干物质量				鲜物质量	干物质量	鲜物质量	干物质量	
Sample area	Sample number	Vegetable name	Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight	Sample area	Sample number	Vegetable name	Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight	
大渡口区	1	莲白	0.0314	0.5587	0.0025	0.0445	南岸区	8	生菜	0.0529	1.3225	0.0205	0.5125	
	2	莴笋	0.4619	6.6365	0.0313	0.4497		9	生菜	0.0497	1.3806	0.0127	0.3528	
	3	韭菜	0.1790	1.7179	0.0143	0.1372		10	苋菜	0.0850	0.8173	0.1021	0.9817	
	4	大葱	0.2125	1.7248	0.0085	0.0690		1	小葱	0.1071	0.9030	0.0094	0.0793	
	5	苋菜	0.7071	4.9936	0.0927	0.6547		2	莴笋	0.0969	1.7304	0.0128	0.2286	
	6	芹菜	0.6561	3.9335	0.0599	0.3591		3	大葱	0.0407	0.4811	0.0032	0.0378	
	7	小葱	0.1065	0.9664	0.0096	0.0871		4	莴笋	0.1760	2.9333	0.0207	0.3450	
	8	木耳菜	0.1647	1.7902	0.0199	0.2163		5	生菜	0.1344	3.3600	0.0302	0.7550	
	9	莴笋	0.1539	1.8907	0.0422	0.5184		沙坪坝区	1	莲白	0.0362	0.5231	0.0064	0.0925
	10	莲白	0.0475	0.5485	0.0035	0.0404			2	莴笋	0.1702	2.5327	0.0166	0.2470
长寿区	1	木耳菜	0.0755	1.2668	0.0264	0.4430	3		大葱	0.0884	1.0651	0.0059	0.0711	
	2	苋菜	0.2632	1.6450	0.1710	1.0688	4		莲白	0.0491	0.6726	0.0135	0.1849	
	3	木耳菜	0.1291	0.7550	0.0489	0.2860	5	莴笋	0.1386	1.6820	0.0487	0.5910		
	4	苋菜	0.1300	1.2381	0.1167	1.1114	6	莲白	0.0253	0.3604	0.0021	0.0299		
	5	莴笋	0.0888	1.5857	0.0093	0.1661	7	莲白	0.0284	0.5035	0.0138	0.2447		
	6	莲白	0.0113	0.2825	0.0030	0.0750	8	莴笋	0.1371	2.3720	0.0139	0.2405		
	7	芹菜	0.1165	2.0953	0.0513	0.9227	9	莴笋	0.1799	2.7340	0.0311	0.4726		

Cd 0.0404~1.1114mg/kg;非污染区蔬菜鲜物质量含 Pb 0.0253~0.1799mg/kg,蔬菜干物质量含 Pb 0.3604~3.3600mg/kg,蔬菜鲜物质量含 Cd 0.0021~0.0487mg/kg,蔬菜干物质量含 Cd 0.0299~0.7550mg/kg,且污染区蔬菜鲜物质量 Pb、Cd 最大值分别为最小值的 63 倍和 68 倍,蔬菜干物质量 Pb、Cd 最大值分别为最小值的 23 倍和 28 倍;非污染区蔬菜鲜物质量 Pb、Cd 最大值分别为最小值的 7 倍和 23 倍,蔬菜干物质量 Pb、Cd 最大值分别为最小值的 9 倍和 25 倍,表明污染区蔬菜鲜物质量和干物质量 Pb、Cd 变化幅度均大于非污染区,按照国家 Pb、Cd 食品卫生限量标准(GB14935-94、GB15201-94)值 0.2mg/kg 和 0.05mg/kg,非污染区蔬菜(鲜物质量)均无超标样本,而污染区蔬菜样本超标率达 40.0%,超标蔬菜品种主要为莴笋、大葱、苋菜和芹菜叶菜类。

表 3 污染区与非污染区土壤和蔬菜中 Pb、Cd 平均值比较

Tab.3 Comparison of average values of Pb and Cd in soil and vegetables of polluted region and non-polluted region

项 目 Items	Pb/mg·kg <sup>-1</sup>		Cd/mg·kg <sup>-1</sup>	
	污 染 区	非 污 染 区	污 染 区	非 污 染 区
	Pollute area	Non-pollute area	Pollute area	Non-pollute area
土壤全 Pb、全 Cd	36.6350	46.6410	0.2860	0.3320
土壤有效铅、有效镉	1.7600	3.8100	0.1240	0.1570
莴笋干物质量	3.3710	2.3307	0.3781	0.3541
莲白干物质量	0.4632	0.5149	0.0533	0.1380
大葱干物质量	1.7248	0.7731	0.0690	0.0544
小葱干物质量	0.9664	0.9030	0.0871	0.0793
生菜干物质量	1.3542	3.3600	0.4326	0.7550

由表 3 可知污染区土壤全 Pb、全 Cd 和有效铅、有效镉含量均低于非污染区;蔬菜莴笋、大葱、小葱干物质量 Pb、Cd 均高于非污染区,而莲白、生菜干物质量 Pb、Cd 低于非污染区,表明蔬菜中干物质量 Pb、Cd 与土壤全 Pb、全 Cd 及有效铅、有效镉均无明显相关性,莴笋、大葱、小葱干物质量 Pb、Cd 与试验设计相一致,说明其主要污染源为大气污染;莲白、生菜干物质量 Pb、

Cd 与试验设计相反,这与其品种特征有较大关系,莲白形状为“包裹状”与大气接触面积小,而生菜生长期短与大气接触时间少。土壤全 Pb、全 Cd 和有效铅、有效镉相关性分析见表 4,由表 4 可知土壤全 Pb 与全 Cd 呈显著相关性,说明土壤全 Pb、全 Cd 由土壤母质决定;土壤全 Pb 与有效铅和土壤全 Cd 与有效镉均无相关性,说明土壤有效铅和有效镉受人类活动等外界环境的影响较大;土壤有效铅和有效镉呈相关性,但小于土壤全 Pb 和全 Cd 相关性,说明有效铅和有效镉同步受人类活动的影响。由表 5 可知蔬菜鲜物质量和干物质量 Pb、Cd 呈显著相关性,说明蔬菜中 Pb、Cd 污染具同步性。由表 6 和表 7 可知相同采样点同一蔬菜品种莴笋、莲白鲜物质量和干物质量 Pb、Cd 均与土壤有效铅及有效镉无相关性,说明蔬菜主要污染源并非来自于土壤,而是源于环境空气污染,即试验设计的污染区大渡口区受重钢、力帆、隆鑫等大型企业和位于长寿区的重庆市最大化工基地大气环境污染严重影响所致,且重金属对蔬菜的污染影响以叶菜类最大,这与荆州市郊区蔬菜基地芹菜和菠菜重金属污染研究表明露天芹菜和菠菜存在 Pb 污染,而大棚芹菜无 Pb 污染<sup>[3]</sup>;沈阳市郊区 10 种主要蔬菜重金属污染研究表明蔬菜中 Pb、Cd 污染较重为叶菜类菠菜、芹菜和白菜<sup>[4]</sup>的结论一

表 4 土壤中 Pb、Cd 相关性

Tab.4 The correlation of Pb and Cd in soils

项 目 Items	全 Pb Total Pb	有效铅 Effective Pb	全 Cd Total Cd	有效镉 Effective Cd
全 Pb	1.000	0.051	0.683**	0.132
有效铅	0.051	1.000	-0.091	0.420*
全 Cd	0.683**	-0.091	1.000	0.020
有效镉	0.132	0.420*	0.020	1.000

\* 为 r=0.05 显著相关性;\*\* 为 r=0.01 极显著相关性,下同。

表 5 蔬菜中 Pb、Cd 相关性

Tab.5 The correlation of Pb and Cd in vegetables

项 目 Items	干物质量 Pb Dry weight Pb	鲜物质量 Pb Fresh weight Pb	干物质量 Cd Dry weight Cd	鲜物质量 Cd Fresh weight Cd
干物质量 Pb	1.000	0.824**	0.316	0.243
鲜物质量 Pb	0.824**	1.000	0.276	0.438**
干物质量 Cd	0.316	0.276	1.000	0.862**
鲜物质量 Cd	0.243	0.438**	0.862**	1.000

表 6 土壤与莴笋中 Pb、Cd 相关性

Tab.6 The correlation of Pb and Cd in soils and lettuces

项 目 Items	土壤全 Pb Total Pb in soil	土壤有效铅 Effective Pb in soil	莴笋干物质量 Pb Dry weight Pb in lettuce	莴笋鲜物质量 Pb Fresh weight Pb in lettuce	土壤全 Cd Total Cd in soil	土壤有效镉 Effective Cd in soil	莴笋干物质量 Cd Dry weight Cd in lettuce	莴笋鲜物质量 Cd Fresh weight Cd in lettuce
土壤全 Pb、全 Cd	1.000	0.984**	-0.477	-0.219	1.000	0.983**	-0.692*	-0.080
土壤有效铅、有效镉	0.984**	1.000	-0.420	-0.324	0.983**	1.000	-0.770*	-0.026
莴笋干物质量 Pb 与 Cd	-0.477	-0.420	1.000	0.229	-0.692*	-0.770*	1.000	0.234
莴笋鲜物质量 Pb 与 Cd	-0.219	-0.324	0.229	1.000	-0.080	-0.026	0.234	1.000

表 7 土壤与莲白中 Pb、Cd 相关性

Tab. 7 The correlation of Pb and Cd in soils and wild cabbages

项 目 Items	土壤全 Pb Total Pb in soil	土壤有效铅 Effective Pb in soil	莲白干物质量 Pb Dry weight Pb in cabbage	莲白鲜物质量 Pb Fresh weight Pb in cabbage	土壤全 Cd Total Cd in soil	土壤有效镉 Effective Cd in soil	莲白干物质量 Cd Dry weight Cd in cabbage	莲白鲜物质量 Cd Fresh weight Cd in cabbage
土壤全 Pb、全 Cd	1.000	0.896**	0.167	0.774*	1.000	0.967**	-0.010	-0.364
土壤有效铅、有效镉	0.896**	1.000	0.249	0.606	0.967**	1.000	0.010	-0.460
莲白干物质量 Pb 与 Cd	0.167	0.249	1.000	0.062	-0.010	0.010	1.000	-0.014
莲白鲜物质量 Pb 与 Cd	0.774*	0.606	0.062	1.000	-0.364	-0.460	-0.014	1.000

致,故大田蔬菜重金属污染主要途径为大气污染。

### 3 小 结

对重庆市近郊蔬菜重金属污染研究发现,受重金属污染的蔬菜品种主要为叶菜类,而瓜菜类均无超标现象<sup>[5]</sup>。且 Cd 对蔬菜的污染影响以叶菜类最大,果菜类次之,根菜及豆类最小<sup>[6]</sup>,其原因是叶菜类与空气直接接触面积大,通过叶面呼吸作用所吸收的有害物质远高于瓜菜类。但由于蔬菜品种差异很大,而蔬菜重金属污染途径存在一定差异性,一些特殊蔬菜品种重金属污染途径及其规律尚需进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- 1 全国农牧渔业丰收计划办公室等主编. 无公害蔬菜生产技术. 北京: 中国农业出版社, 2002
- 2 梁称福,陈正法,刘明月. 蔬菜重金属污染研究进展. 湖南农业科学, 2002 (4):45~48
- 3 张竹青,杨玉华. 荆州市蔬菜重金属和砷污染现状及影响因素. 湖北农学院学报, 2001, 21(2):141~143
- 4 王丽凤,白俊贵. 沈阳市蔬菜污染调查及防治途径研究. 农业环境保护, 1994, 13(2):84~88
- 5 李其林,黄 均. 重庆市近郊蔬菜基地蔬菜中重金属含量变化及污染情况. 农业环境与发展, 2000, 17(2):42~44
- 6 王多加,金肇熙,钟娇娥等. 深圳市永久性菜地蔬菜重金属污染状况分析. 广东农业科学, 2000 (1):20~22