

上海浦东部分蔬菜重金属污染评价

姚春霞, 陈振楼, 张 菊, 侯 进

(华东师范大学地理信息科学系教育部重点实验室, 上海 200062)

摘 要:对上海市浦东新区 4 个非污灌的蔬菜园艺场和 2 个污灌区的蔬菜所含 7 种重金属进行检测,用国家蔬菜卫生标准计算单项污染指数并进行了评价。结果表明,4 个蔬菜园艺场的蔬菜重金属单项污染指数均小于 1,符合无公害食品要求。不同种类蔬菜对重金属的富集含量差异较大,绿叶菜类较其他蔬菜容易富集 Cr、Cd、Hg、As,在实验中测出 Cr、Cd、Hg、As 的含量明显偏高。非污灌区园艺场的蔬菜重金属含量与污灌区菜地蔬菜重金属相比较,各污染指标差异显著。污灌区所采集的 9 个蔬菜样的 Cu、Zn、Pb、Hg、As 不超标,Cd、Cr 超标率均为 100%,其中 8 个菜样为轻度污染,1 个为重污染,蔬菜污染主要与在污灌区种植有关。因此,农田污水灌溉要严格执行灌溉水质标准,禁止盲目灌溉,防止土壤和蔬菜的污染。

关键词:蔬菜; 重金属; 含量; 评价

中图分类号:X826 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)04-0761-05

Heavy Metal Pollution Assessment of Vegetables in Pudong Zone of Shanghai

YAO Chun-xia, CHEN Zhen-lou, ZHANG Ju, HOU Jin

(Key Laboratory of Geo-information Science of Ministry Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Vegetable security is important to our life, and it is absolutely necessary to set up city outskirts biogeocenose system. With industry and agriculture development, atmosphere, water and soil are getting more polluted. So vegetable is polluted in some degree. We measured and analyzed contents of heavy metals in vegetables in 4 gardening fields and 2 sewage sludge regions in Pudong zone of Shanghai city and then evaluated single pollution index by national vegetable environmental quality standards. The results of all single pollution index values in 4 gardening fields were less than 1, which indicated no pollution and the vegetables in gardening fields meeting environmental requirement. The enrichment of heavy metals in vegetables differed with their different physiological characteristics, growth time and sensitive degrees to contamination. The results showed that green-leaves absorbed more Cr, Cd, Hg and As than other vegetables. Heavy metal contents for same kind vegetable that planted in different areas also differed greatly, which mainly related to heavy metal contents of soil and irrigation water of planting area. Generally, the higher heavy metal contents in soil and irrigation water, the more accumulation of heavy metal contents in vegetables. Heavy metal contents in gardening field vegetable were significantly different from that in sewage irrigated area vegetable. Single pollution indexes of Cu, Zn, Pb and As were less than 1 in nine vegetable samples collected from sewage irrigation regions, while, indexes of Cd and Cr in both of them were more than 1, suggesting 100% were polluted, and among these, one was seriously polluted resulted from the application of Huangpu river sewage sludge. So it was necessary to carry out irrigation water standard strictly and forbid blindness irrigation to prevent soil and vegetable pollution.

Keywords: vegetable; heavy metal; content; evaluation

蔬菜中重金属来源有以下几种原因:一是成土母质本身的重金属含量较高造成土壤重金属含量也高,

从而造成蔬菜中重金属含量高;二是由于含有重金属的废水、废气、废渣直接或间接地污染蔬菜;三是含有重金属的农药、化肥的使用对蔬菜的污染。蔬菜质量的优劣直接关系到人们的身体健康,开展城郊蔬菜污染的研究,具有重大的意义。

浦东新区位于上海市东部,北纬 31°07'~23',东经 121°27'~48',东临长江口,全区面积 533.45 km²,为江海冲积平原,为上海市成陆较晚的地区。全区地势

收稿日期:2004-09-28

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40131020,40173030);上海市基础研究重点项目(02DJ14029);上海市启明星跟踪计划(01QM1406);教育部优秀青年教师资助计划

作者简介:姚春霞(1976—),女,安徽歙县人,博士研究生,主要研究方向为城镇水环境污染。

E-mail:ybo2161023@student.ecnu.edu.cn

东南高,西北低,呈东南向西北的缓坡倾斜,地面高程一般在 3.5~4.5 m(吴淞零点)。属暖温带半湿润大陆季风气候区,温和湿润,四季分明,年平均气温 17℃,年降水量 1410 mm,70%~80%降水集中在夏季。

1 蔬菜采样与重金属测定

2004 年 7 月在浦东新区 4 个蔬菜园艺场的大棚采集了 26 个不同种类的蔬菜样品:机场镇大洪园艺场 8 个,川沙镇浦南园艺场 8 个,北蔡镇潘姚园艺场 8 个,孙桥镇园艺场 2 个。还采集了张江镇劳动村污灌区 5 个蔬菜样,江东五队污灌区 4 个蔬菜样,共 14 种蔬菜样的食用部分。

蔬菜样品洗净粉碎后,冷藏保存并尽快分析。Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、As 采用湿灰化法,加入等重量的硝酸溶解,Hg 采用硝酸、硫酸、五氧化二钒消解,冷原子吸收法测定^[1]。为检测试验分析的可靠性,各测试元素分别用国家标准物质进行实验室质量控制,并随机抽取一个样品作 5 次重复实验,用 Perkin Elmer 公司生产的 AANALYST 800 型原子吸收光谱仪石墨炉测定,以 Zeeman 效应作为背景校正。各元素的相对标准偏差小于 5%,回收率达 95%~103%。

2 结果与讨论

2.1 园艺场及污灌区蔬菜检测结果

由表 1 所列各镇园艺场及污灌区蔬菜重金属含量状况可以看出其重金属含量差异较大。Cu 的含量

范围 0.02~1.95 mg·kg⁻¹,平均为 0.50 mg·kg⁻¹; Zn 的含量范围 0.01~6.17 mg·kg⁻¹,平均为 3.19 mg·kg⁻¹; Pb 的含量范围 1.10~38.81 μg·kg⁻¹,平均为 15.69 μg·kg⁻¹; Cr 的含量范围 4.75~2079.84 μg·kg⁻¹,平均为 321.95 μg·kg⁻¹; Cd 的含量范围 0.57~83.97 μg·kg⁻¹,平均为 28.31 μg·kg⁻¹; Hg 的含量范围 0~9.14 μg·kg⁻¹,平均为 0.75 μg·kg⁻¹; As 的含量范围 21.13~81.26 μg·kg⁻¹,平均为 36.71 μg·kg⁻¹。

2.2 不同种类蔬菜重金属富集程度

若按不同种类蔬菜进行分类,本次调查所采集的蔬菜样品包括了豆类、瓜类、绿叶菜类、茄果类 4 大类 35 种。根据检测结果发现不同种类蔬菜对重金属的富集含量也不同。有较大的差异,这主要与蔬菜的生理特性、生长期长短以及对污染物敏感程度等因素有关。本次调查的蔬菜中,豆类 Cu、Zn、Pb 的含量较瓜类、绿叶菜类、茄果类高,而 Cr、Cd、Hg、As 的含量较低,绿叶菜类 Cr、Cd、Hg、As 较高(见表 2),说明绿叶菜类对这 4 种重金属容易富集。王丽凤等^[2]的调查结果表明,沈阳市蔬菜中重金属含量大小顺序为叶菜类>根茎类>瓜果类,与 JinadAsa 等^[3]对悉尼市 29 种市售蔬菜的分析结果以及冯恭衍等^[6]的研究结果一致。同一种蔬菜,种植在不同的地区,重金属含量也有较大的差异,这主要与蔬菜种植区的土壤和灌溉水中重金属的含量密切相关,一般情况下,水和土壤中重金属含量高,蔬菜中累积的重金属就多,但也有例外^[4,5]。

根据不同蔬菜样重金属含量的相关分析,Cr-

表 2 不同蔬菜品种的重金属含量
Table 2 Contents of heavy metal in different kinds of vegetables

蔬菜	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Hg	As
	/mg · kg ⁻¹				/ μ g · kg ⁻¹		
豆类	0.816	5.125	22.034	68.15	7.258	0.276	31.617
瓜类	0.315	3.112	16.539	304.888	19.447	0.437	33.112
绿叶菜类	0.485	3.091	17.63	378.476	36.341	1.16	40.179
茄果类	0.544	2.817	10.276	325.262	27.58	0.51	37.104

Cd,Cd-As,Cr-As 正相关,相关系数分别达到 0.824,0.687,0.424;而 Pb-Cr,Pb-As,Zn-Cd,Zn- Hg,Zn-As 负相关,相关系数分别达到-0.435,-0.409,-0.364,-0.431,-0.611(见表 3)。经统计检验相关性达极显著水平,说明蔬菜中重金属含量存在着一定的复合污染,更深层次的机理有待进一步研究。

2.3 园艺场及污灌区蔬菜检测结果比较

蔬菜园艺场的蔬菜重金属含量与污灌区菜地蔬菜重金属相比较,含量较小,不超过含量限值。园艺场

菜地蔬菜的重金属含量都在污染物限值含量以内,而污灌区菜地蔬菜重金属 Cr、Cd 含量超标。

蔬菜园艺场的蔬菜重金属 Cu 的含量范围 0.02~1.17 mg·kg⁻¹,平均为 0.46 mg·kg⁻¹; Zn 的含量范围 0.01~6.17 mg·kg⁻¹,平均为 3.56 mg·kg⁻¹; Pb 的含量范围 6.39~38.81 μg·kg⁻¹,平均为 18.14 μg·kg⁻¹; Cr 的含量范围 4.75~242.85 μg·kg⁻¹,平均为 67.99 μg·kg⁻¹; Cd 的含量范围 0.57~48.87 μg·kg⁻¹,平均为 12.80 μg·kg⁻¹; Hg 的含量范围 0.06~9.14μg·kg⁻¹,平均为

表 1 各镇园艺场及污灌区蔬菜重金属含量状况

Table 1 Contents of heavy metal in vegetables of every town

采样点	菜样	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Hg	As
		/mg · kg ⁻¹		/μ g · kg ⁻¹				
机场镇 1	黄瓜	0.38	4.02	27.75	96.41	0.57	0.51	21.13
机场镇 2	毛菜	0.26	5.12	11.09	4.75	10.51	0.06	25.34
机场镇 3	苋菜	0.71	5.09	27.56	11.16	1.14	0.07	24.15
机场镇 4	空心菜	0.52	4.11	14.84	35.91	5.61	0.51	27.26
机场镇 5	杭白菜	0.26	4.99	10.10	24.45	10.67	0.51	35.14
机场镇 6	茄子	0.75	3.58	12.23	26.88	6.41	0.42	25.26
机场镇 7	茄子	1.06	4.03	9.18	20.81	15.54	0.16	28.34
机场镇 8	豇豆	1.17	6.17	13.03	15.51	2.80	0.07	29.14
川沙镇 1	黄瓜	0.29	3.86	19.03	9.47	3.71	0.07	31.25
川沙镇 2	扁豆	0.68	5.25	14.26	40.65	2.48	0.34	34.15
川沙镇 3	青菜	0.21	5.24	23.26	25.97	27.77	0.39	25.16
川沙镇 4	辣椒	0.61	4.20	27.43	5.10	31.11	0.16	26.35
川沙镇 5	丝瓜	0.61	5.41	7.78	9.19	1.01	0.07	24.52
川沙镇 6	毛菜	0.26	3.86	25.88	52.46	22.81	0.51	28.35
川沙镇 7	豇豆	0.60	3.96	38.81	148.29	16.49	0.42	31.56
川沙镇 8	空心菜	0.36	1.68	23.04	31.77	17.43	0.60	36.52
北蔡镇 1	小番茄	0.37	1.51	11.94	74.70	4.02	0.07	34.51
北蔡镇 2	空心菜	0.56	0.01	28.11	35.81	48.87	1.23	65.14
北蔡镇 3	黄瓜	0.26	2.46	33.92	75.90	0.72	0.25	24.42
北蔡镇 4	苋菜	0.77	1.96	16.42	218.01	30.05	0.69	34.58
北蔡镇 5	毛菜	0.19	1.32	17.08	242.85	28.59	9.14	34.25
北蔡镇 6	青菜	0.11	0.02	21.40	113.19	20.35	0.51	25.61
北蔡镇 7	辣椒	0.70	4.61	11.70	26.92	4.32	0.07	32.45
北蔡镇 8	茄子	0.12	3.58	10.08	179.68	10.10	0.42	52.13
孙桥镇 1	小番茄	0.02	2.64	6.39	220.23	6.64	0.07	33.17
孙桥镇 2	黄瓜	0.21	3.82	9.31	21.56	3.13	0.07	35.46
张江镇 1	空心菜	1.95	5.70	25.67	847.20	78.06	0.50	31.45
张江镇 2	辣椒	0.77	3.96	9.67	851.28	63.43	0.10	42.16
张江镇 3	生菜	0.34	4.80	3.32	1269.14	79.32	0.30	48.24
张江镇 4	丝瓜	0.04	1.89	8.73	1194.53	67.83	1.58	43.75
张江镇 5	苋菜	0.03	2.46	6.80	2079.84	83.97	1.05	38.91
张江镇 6	丝瓜	0.41	0.31	9.26	727.15	59.15	0.51	51.26
张江镇 7	空心菜	0.76	0.02	9.87	684.63	79.95	1.31	76.46
张江镇 8	茄子	0.49	0.02	1.10	661.14	78.82	3.63	81.26
张江镇 9	辣椒	0.53	0.02	3.05	1185.88	55.42	0.07	46.16
国家蔬菜卫生标准 ^a		10	20	200	50	50	10	500

注: ^a 引自上海市环境质量报告书.1996—2000.174~186.

表 3 蔬菜各重金属之间相关系数

Table 3 Correlation coefficients among contents of heavy metal in vegetables

	Zn	Pb	Cr	Cd	Hg	As
Cu	0.326	0.135	-0.053	0.135	-0.161	-0.033
Zn		0.142	-0.291	-0.431*	-0.364*	-0.611**
Pb			-0.435**	-0.286	-0.054	-0.409*
Cr				0.824**	0.110	0.424*
Cd					0.236	0.687**
Hg						0.267

注: ** 相关系数在 0.01 概率水平上显著; * 相关系数在 0.05 概率水平上显著。

0.67 μg·kg⁻¹, As 的含量范围 21.13~65.14 μg·kg⁻¹, 平均为 31.74 μg·kg⁻¹。

污灌区蔬菜重金属 Cu 的含量范围 0.03~1.95 mg·kg⁻¹, 平均为 0.59 mg·kg⁻¹; Zn 的含量范围 0.02~5.70 mg·kg⁻¹, 平均为 2.13 mg·kg⁻¹; Pb 的含量范围 1.10~25.67 μg·kg⁻¹, 平均为 8.16 μg·kg⁻¹; Cr 的含量范围 47.20~2 079.84 μg·kg⁻¹, 平均为 664.31 μg·kg⁻¹; Cd 的含量范围 55.42~83.97 μg·kg⁻¹, 平均为 71.77 μg·kg⁻¹; Hg 的含量范围 0~3.63 μg·kg⁻¹, 平均为 1 μg·kg⁻¹, As 的含量范围 31.45~81.26 μg·kg⁻¹, 平均为 51.07

$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。蔬菜重金属 Cu,Zn,Pb,Hg,As 含量不超过标准限值,而 Cr、Cd 污染严重,超标率 100%。

蔬菜园艺场的蔬菜重金属含量与污灌区菜地蔬菜重金属相比较,各污染指标经 $T(\alpha=0.05)$ 检验,差异显著。经 SPSS 求出的 P 值见表 4。

3 蔬菜质量状况评价

采用蔬菜单项指数评价某样点蔬菜的污染程度,单项污染指数 P_i 根据蔬菜中污染物含量与相应评价标准进行计算。其计算式为:

$$P_i=C_i/S_i$$

式中: C_i 表示污染物实测值; S_i 表示污染物评价标准,见表 1 最后一行中国国家蔬菜卫生标准^[6]。

$P_i<1$ 为末污染, $P_i>1$ 为污染。蔬菜评价结果划分

表 4 非污灌区园艺场与污灌区菜地蔬菜重金属含量显著性检验结果(P 值)

污染指标	pH	Cu	Zn	Pb	Cr	Hg	As
Sig(2-tailed)	0.000 00	0.003 54	0.000 09	0.000 91	0.016 23	0.000 00	0.000 75

注:若 $P<0.05$,则差异显著。

表 5 蔬菜重金属污染评价结果

Table 5 Evaluations on heavy metal pollution in vegetables

采样地点	菜样	单项污染指数							评价结果
		Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Hg	As	
机场镇 1	黄瓜	0.04	0.20	0.14	0.19	0.01	0.051	0.042	优良
机场镇 2	毛菜	0.03	0.26	0.06	0.00	0.21	0.006	0.051	优良
机场镇 3	苋菜	0.07	0.25	0.14	0.02	0.02	0.007	0.048	优良
机场镇 4	空心菜	0.05	0.21	0.07	0.07	0.11	0.051	0.055	优良
机场镇 5	杭白菜	0.03	0.25	0.05	0.05	0.21	0.051	0.070	优良
机场镇 6	茄子	0.08	0.18	0.06	0.05	0.13	0.042	0.051	优良
机场镇 7	茄子	0.11	0.20	0.05	0.04	0.31	0.016	0.057	优良
机场镇 8	豇豆	0.12	0.31	0.07	0.03	0.06	0.007	0.058	优良
川沙镇 1	黄瓜	0.03	0.19	0.10	0.02	0.07	0.007	0.063	优良
川沙镇 2	扁豆	0.07	0.26	0.07	0.08	0.05	0.034	0.068	优良
川沙镇 3	青菜	0.02	0.26	0.12	0.05	0.56	0.039	0.050	优良
川沙镇 4	辣椒	0.06	0.21	0.14	0.01	0.62	0.016	0.053	优良
川沙镇 5	丝瓜	0.06	0.27	0.04	0.02	0.02	0.007	0.049	优良
川沙镇 6	毛菜	0.03	0.19	0.13	0.10	0.46	0.051	0.057	优良
川沙镇 7	豇豆	0.06	0.20	0.19	0.30	0.33	0.042	0.063	优良
川沙镇 8	空心菜	0.04	0.08	0.12	0.06	0.35	0.060	0.073	优良
北蔡镇 1	小番茄	0.04	0.08	0.06	0.15	0.08	0.007	0.069	优良
北蔡镇 2	空心菜	0.06	0.00	0.14	0.07	0.98	0.123	0.130	优良
北蔡镇 3	黄瓜	0.03	0.12	0.17	0.15	0.01	0.025	0.049	优良
北蔡镇 4	苋菜	0.08	0.10	0.08	0.44	0.60	0.069	0.069	优良
北蔡镇 5	毛菜	0.02	0.07	0.09	0.49	0.57	0.914	0.069	优良
北蔡镇 6	青菜	0.01	0.00	0.11	0.23	0.41	0.051	0.051	优良
北蔡镇 7	辣椒	0.07	0.23	0.06	0.05	0.09	0.007	0.065	优良
北蔡镇 8	茄子	0.01	0.18	0.05	0.36	0.20	0.042	0.104	优良
孙桥镇 1	小番茄	0.00	0.13	0.03	0.44	0.13	0.007	0.066	优良
孙桥镇 2	黄瓜	0.02	0.19	0.05	0.04	0.06	0.007	0.071	优良
张江镇 1	空心菜	0.19	0.29	0.13	1.69	1.56	0.050	0.063	轻污染
张江镇 2	辣椒	0.08	0.20	0.05	1.70	1.27	0.010	0.084	轻污染
张江镇 3	生菜	0.03	0.24	0.02	2.54	1.59	0.030	0.096	轻污染
张江镇 4	丝瓜	0.00	0.09	0.04	2.39	1.36	0.158	0.088	轻污染
张江镇 5	苋菜	0.00	0.12	0.03	4.16	1.68	0.105	0.078	重污染
张江镇 6	丝瓜	0.04	0.02	0.05	1.45	1.18	0.051	0.103	轻污染
张江镇 7	空心菜	0.08	0.00	0.05	1.37	1.60	0.131	0.153	轻污染
张江镇 8	茄子	0.05	0.00	0.01	1.32	1.58	0.363	0.163	轻污染
张江镇 9	辣椒	0.05	0.00	0.02	2.37	1.11	0.000	0.092	轻污染

5个等级:蔬菜单项污染指数 ≤ 0.7 为优良, ≤ 1.0 为安全; ≤ 2.0 为轻污染; ≤ 3.0 为中污染; >3.0 为重污染。各菜样重金属污染评价结果见表 5。

4 结 论

 单项污染指数结果表明:4 个蔬菜园艺场的蔬菜重金属的单项污染指数均 <1 , 符合无公害食品要求;污灌区 9 个蔬菜样 Cu、Zn、Pb、Hg、As 的单项污染指数 <1 , 主要超标元素为 Cd、Cr,其单项污染指数 >1 为 100%超标, 9 个蔬菜样中 8 个轻度污染。1 个为重污染,说明该蔬菜污染主要与在污灌区种植有关。

 浦东新区污灌区历史上重金属主要来源于 3 个方面:一是在 20 世纪 70 年代前后,部分地势较低的村镇大面积应用黄浦江疏浚底泥(吹泥),致使土壤及农产品中重金属遭受污染;二是 20 世纪 70 年代上海污水南线流经该区,张江、唐镇、合庆等镇的明渠两侧

应用污水大面积灌溉;三是乡镇企业的化工污染物扩散。因此必须加强环境管理,严禁工业“三废”超标排放,农田污水灌溉要严格执行灌溉水质标准,禁止盲目灌溉,防止造成土壤的污染。

参考文献:

[1] 城乡建设环境保护部环境保护局.环境监测分析方法[M].北京.中国环境科学出版社,1986.343-356.

[2] 王丽凤,白俊贵.沈阳市蔬菜污染调查及防治途径研究[J].农业环境保护,1994,13(2):84-88.

[3] JinadAsa K B P N, Milham P J, Hawkins C A, et al .Heavy metals in the environment-survey of cadmium levels in vegetables and soils of Greater Sydney, Australia[J]. *J Environ Qual*,1997 ,26 :924-933.

[4] 汪雅谷,等,上海地区主要蔬菜中重金属元素含量背景水平[J].农业环境保护,1994,13(1):34-39.

[5] 汪雅谷.上海地区绿色食品蔬菜中若干污染物容许限量的初步探讨[J].上海农业学报,1997,13(3):16-20.