

兰州市安宁区菜园土壤重金属含量分析与评价

王艳霞, 赵军*, 赵国虎 (1. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃农业大学理学院, 甘肃兰州 730070)

摘要 分析测定兰州市安宁区3个乡菜园土壤中的Cu、Pb、Zn、Cr、Hg 5种重金属元素的含量, 并根据GB15618-1995土壤环境质量二级标准对检测结果进行单因子污染指数和综合污染指数评价。结果表明, 兰州市安宁区刘家堡乡、吊场乡和孔家崖乡的菜园土壤中重金属元素Cu、Pb、Zn、Cr、Hg的单因子污染指数和综合污染指数均小于1, 说明兰州市安宁区菜园土壤重金属环境质量达标, 符合无公害蔬菜生产的土壤环境质量要求。

关键词 菜园土壤; 重金属; 污染; 含量; 评价

中图分类号 S153 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)19-05804-02

Analysis and Evaluation of Heavy Metal Content of Vegetable Garden Soil in Anning District of Lanzhou City

WANG Yan-xia et al (College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract The sampling of soil was done in the vegetable garden soils in Anning district of Lanzhou. The levels of Cu, Pb, Zn, Cr and Hg in soil samples were determined by Inductive Coupled Plasma Emission Spectrometer. According to the soil environment quality standard (GB15618-1995), the classification and the assessment of the single pollution index and comprehensive pollution index were done to the detection result. The result showed that the soil of Anning district in Lanzhou city was not polluted by the heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cr and Hg) in the vegetable garden soil. Both the single index and the synthetic index of the soil pollution were less than 1, indicating that they met the requirements of soil environment for producing pollution-free food.

Key words Vegetable garden soil; Heavy metal; Pollution; Content; Evaluation

土壤是宝贵而有限的自然资源, 人类生活所需的物质绝大部分是从土壤中获取的。蔬菜是人们日常生活必不可少的食物和重要的经济作物。城郊菜园土壤是一类比较特殊的自然地域, 具有很强的开放性。由于市区工业污染物质和生活垃圾的大量输入以及长期使用农药、化肥、污水灌溉等, 有可能导致土壤中金属元素的蓄积^[1], 造成城郊菜园土壤污染, 国内外对此进行了很多研究^[2-4]。土壤重金属污染具有隐蔽性、长期性和不可逆性的特点, 会引发食物链污染, 最终影响市民健康^[5]。分析和评价具有潜在危险的菜园土壤重金属污染状况, 掌握蔬菜生产的土壤环境状况, 对于降低蔬菜中重金属含量、提高蔬菜质量、保障人们的食品安全及促进蔬菜可持续发展都具有重要意义。为此, 笔者对兰州市安宁区菜园土壤中重金属元素Cu、Pb、Zn、Cr和Hg的含量进行调查分析与评价, 以期能为无公害蔬菜生产提供依据。

1 材料与方

1.1 试验地概况 兰州市安宁区地处兰州盆地中端, 位于东经103°34'~103°47'、北纬36°04'~36°11', 南依黄河, 北靠青山, 系冲积、洪积、坡积而成。气候四季分明, 光照充足, 昼夜温差大。该地区年平均气温为8.9℃, 年无霜期155 d左右, 年降雨量327.7 mm, 年均蒸发量1 664 mm, 土壤类型为耕种灌淤土。该区土壤养分平均含量分别为有机质36.29 g/kg、全氮1.38 g/kg、全磷1.21 g/kg、速效氮110 mg/kg、速效磷12.8 mg/kg, pH值8.07。该研究调查范围为兰州市安宁区3个乡的蔬菜地土壤, 调查内容为土壤中重金属元素Cu、Pb、Zn、Cr和Hg的含量状况。

1.2 采样方法 每块菜园地均按梅花形5点取样法, 采样深度0~20 cm, 样重约1 kg。根据调查区面积的不同确定采样点数, 共采集土壤样品20个。

1.3 样品处理与分析 采集的土壤样品按常规方法在室内自然风干, 剔出植物残体及大小砾石, 用玻璃棒压散, 然后置

于玛瑙研钵中研磨至样品全部可通过100目尼龙筛。将土样装入棕色广口瓶中, 贴上标签后备用。称取1 g预制好的样品, 置于100 ml三角瓶中, 加少量水润湿, 加入盐酸—硝酸—高氯酸, 置电热板上加热消解完全后冷却, 定容于50 ml容量瓶。采用ICP法^[6]测定Cu、Pb、Zn、Cr含量, 测定仪器为Optima4300DV电感耦合等离子发射光谱仪; Hg的测定采用QM201A荧光测汞仪。

1.4 土壤质量现状评价

1.4.1 评价标准。根据GB15618-1995土壤环境质量标准^[7]进行评价与分析, 同时, 与兰州市土壤环境背景值^[8]进行对比分析。Cu、Pb、Zn、Hg、Cr等元素背景值与中国土壤环境质量标准见表1。

表1 Cu、Pb、Zn、Hg、Cr元素的背景值与中国土壤环境质量标准

重金属	ng/kg				兰州市	
	一级pH值 自然背景值	二级pH值		三级		
		pH<6.5	6.5<pH<7.5	pH>7.5	pH>6.5	
Cu	35	50	100	100	400	22.9
Pb	35	250	300	350	500	22.0
Zn	100	200	250	300	500	67.1
Hg	0.15	0.30	0.50	1.0	1.5	0.03
Cr	90	150	200	250	300	59.85

1.4.2 评价方法。

1.4.2.1 单因子污染指数法^[9]。计算公式为:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中, P_i 为土壤中污染物*i*的污染指数; C_i 为土壤中污染物*i*的实测浓度的统计平均值; S_i 为污染物*i*的评价标准, 采用表1中的二级土壤质量环境质量标准。单因子污染指数具体反映某污染物超标倍数和程度。单因子污染指数 $P_i = 1$ 表示未受污染, $P_i > 1$ 表示已受污染, P_i 值越大表示受污染越严重。

1.4.2.2 土壤综合污染指数^[5]。计算公式为:

$$P_{\text{综}} = \{ [(P_{i\text{ave}})^2 + (P_{i\text{max}})^2] / 2 \}^{1/2} \quad (2)$$

式中, $P_{i\text{max}}$ 为某测点土壤污染物单因子污染指数最大值; $P_{i\text{ave}}$ 为某测点各单因子污染指数的均值。综合污染指数可用来评定每一个测试点的土壤综合污染水平。

作者简介 王艳霞(1979-), 女, 甘肃定西人, 硕士研究生, 研究方向: 土壤重金属污染。* 通讯作者。

收稿日期 2007-03-20

表2 土壤综合评价分级标准

等级划分	综合污染指数	污染程度	污染水平
1	$P < 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P < 1$	警戒线	尚清洁
3	$1 < P < 2$	轻度污染	土壤轻污染, 作物开始受污染
4	$2 < P < 3$	中度污染	土壤作物均受到污染
5	$P > 3$	重度污染	土壤作物受污染已相当严重

2 结果与分析

2.1 兰州市安宁区菜园地土壤中重金属含量

2.1.1 铜。土壤中的铜大部分与土壤结合较牢固, 只有少部分可被植物的根系摄取。铜是植物生长必需的微量营养元素, 但如果植物摄取过量, 大部分铜会积累在植物根部, 阻

止植物对养分的摄取, 从而危害植物生长发育^[10]。由表3 可看出, 3 个调查区菜地土壤中总铜含量为 32.36 ~ 36.34 ng/kg, 平均值为 34.48 ng/kg, 高于兰州市土壤总铜含量背景值(22.9 ng/kg) 的 0.46 倍。从总体来看, 孔家崖的总铜平均含量最高, 为 35.23 ng/kg; 其次是刘家堡乡, 为 34.55 ng/kg; 吊场乡总铜平均含量最低, 为 33.65 ng/kg。由表1、3 可知, 3 个调查区土壤总铜含量均低于国家标准 GB15618-1995(100 ng/kg), 符合国家土壤环境质量二级标准要求。

2.1.2 锌。锌是植物微量营养元素之一, 土壤中的锌大部分以结合态存在, 一般不易被植物吸收。植物主要吸收水溶性、可交换性或部分酸溶性的锌。表3 表明, 3 个调查区菜地土壤中总锌含量为 81.46 ~ 136.42 ng/kg, 平均含量为 117.18

表3 兰州市安宁区土壤重金属含量

项目	吊场乡					刘家堡					孔家崖				
	最大值 ng/kg	最小值 ng/kg	平均值 ng/kg	标准差	变异系数 %	最大值 ng/kg	最小值 ng/kg	平均值 ng/kg	标准差	变异系数 %	最大值 ng/kg	最小值 ng/kg	平均值 ng/kg	标准差	变异系数 %
总Cu	34.44	32.36	33.65	1.10	3.26	35.28	33.53	34.55	4.48	12.97	36.34	33.86	35.23	3.18	9.03
总Zn	132.42	110.24	124.26	12.65	10.18	136.42	81.46	114.83	46.96	40.90	128.54	101.23	112.45	60.07	53.42
总Pb	44.82	33.68	41.45	4.58	11.04	50.32	46.17	49.24	4.12	8.37	49.23	43.95	46.72	11.21	24.00
总Cr	34.42	30.25	32.33	1.94	6.00	42.50	38.57	40.06	9.08	22.67	55.29	49.31	53.81	8.69	16.15
总Hg	0.080	0.052	0.066	0.015	22.13	0.110	0.063	0.067	0.003	5.37	0.032	0.006	0.015	0.009	2 61.33

ng/kg; 平均含量高于兰州市土壤背景值(67.1 ng/kg), 超过兰州市土壤背景值的 74.5%。其平均含量由高到低依次为吊场乡 > 刘家堡 > 孔家崖, 分别为 124.26、114.83、112.45 ng/kg。由表1、3 可知, 3 个调查区土壤总锌含量均低于国家标准 GB15618-1995(300 ng/kg), 符合国家土壤环境质量二级标准要求。

2.1.3 铅。铅的毒性较铜、锌大, 但其在土壤和植物体中迁移性较差。铅在土壤中易被固定, 进入植物体后易沉积在根部, 不易转移到植株的其他部位。安宁区3 个乡土壤总铅含量为 33.68 ~ 50.32 ng/kg, 平均含量为 45.80 ng/kg, 是兰州市土壤总铅含量背景值(22 ng/kg) 的 1.08 倍。其中, 刘家堡的土壤总铅平均含量最高, 为 49.24 ng/kg; 其次是孔家崖, 为 46.72 ng/kg; 平均含量最低的是吊场乡, 为 41.45 ng/kg。由表1、3 可知, 安宁区3 个乡的土壤总铅测定结果均未超过国家标准 GB15618-1995(350 ng/kg) 的要求。

2.1.4 汞。土壤中汞以无机态与有机态形式存在, 在一定条件下可互相转化。在土壤微生物作用下, 汞可发生甲基化反应, 形成脂溶性的甲基汞, 可被微生物吸收、积累而转入食物链对人体造成危害。由表3 可看出, 安宁区各个乡土壤总汞含量范围为 0.006 ~ 0.110 ng/kg, 平均含量为 0.049 ng/kg, 平均含量是兰州市土壤背景值汞含量(0.03 ng/kg) 的 1.63 倍。安宁区3 个乡土壤汞平均含量由高到低的排列顺序为刘家堡 > 孔家崖 > 吊场乡, 分别为 0.015、0.066、0.067 ng/kg, 其中吊场乡和孔家崖2 个地方的汞含量相当。由表1、3 可知, 各个乡的土壤汞含量均低于国家标准 GB15618-1995(0.03 ng/kg), 符合国家土壤环境质量二级标准要求。

2.1.5 铬。铬在土壤中主要以 3 价铬形态存在。土壤胶体对 3 价铬有强烈的吸附作用, 3 价铬能较快地被吸附固定积累在土壤表层, 很少向下移动, 因而对地下水或地面水不造成污染。表3 表明, 安宁区3 个乡土壤总铬含量范围为 30.25

~ 55.29 ng/kg, 平均含量为 42.07 ng/kg, 平均含量低于兰州市土壤环境背景值(59.85 ng/kg)。其中, 孔家崖的土壤总铬平均含量最高, 为 53.81 ng/kg; 其次是刘家堡, 为 40.06 ng/kg; 平均含量最低的为吊场乡, 为 32.33 ng/kg。由表1、3 可知, 调查区土壤总铬测定结果均未超过国家标准 GB15618-1995(250 ng/kg) 的要求。

2.2 安宁区菜园土壤重金属污染评价 由表4 可知, 兰州市安宁区3 个乡的单因子污染指数 P_i 均小于 1, 即安宁区菜园土壤中 5 种重金属元素含量均达到无公害蔬菜生产土壤环境质量标准。同时表4 可看出, 3 个调查区土壤重金属综合污染指数由高到低的排列顺序为吊场乡 > 刘家堡 > 孔家崖, 依次为 0.329、0.312、0.307。说明污染程度由高到低的排列顺序为吊场乡 > 刘家堡 > 孔家崖, 但是 $P_{综合}$ 均小于 0.7、污染等级为 1 级、污染水平为清洁、污染程度为安全等结果说明调查区土壤环境质量状况良好。因此, 兰州市安宁区的菜园土壤适合生产无公害蔬菜。

在所检测的 5 种元素之间进行比较, 以各种元素的单因子污染指数的平均值表征其受污染程度大小, 可得调查区 3 个乡污染状况分别为吊场乡 $P_{Cu} > P_{Zn} > P_{Cr} > P_{Hg} > P_{Pb}$ 、刘家堡 $P_{Cu} > P_{Zn} > P_{Cr} > P_{Hg} > P_{Pb}$ 、孔家崖 $P_{Cu} > P_{Zn} > P_{Cr} > P_{Hg} > P_{Pb}$ 。

表4 安宁区菜园土壤重金属污染评价

采样点	P_{Cu}	P_{Zn}	P_{Pb}	P_{Cr}	P_{Hg}	$P_{综合}$	污染水平
吊场乡	0.414	0.336	0.066	0.129	0.118	0.329	1 级, 清洁
刘家堡	0.383	0.345	0.067	0.160	0.141	0.312	1 级, 清洁
孔家崖	0.375	0.352	0.015	0.215	0.133	0.307	1 级, 清洁

3 小结与讨论

试验表明, 兰州市安宁区土壤重金属含量除铬外, 其他元素均超过兰州市土壤背景值元素含量, 且单因子污染指数

(上接第5805页)

和综合污染指数均小于1,表明土壤重金属含量均符合国家二级土壤环境质量标准,同时也达到了无公害基地土壤环境质量所要求的标准。目前该区不存在重金属污染问题,可以大力推广无公害蔬菜生产。

由于土壤对重金属污染物自净能力弱,所以必须加强土壤保护意识。虽然目前兰州市安宁区土壤未遭受重金属污染,处于安全阶段,但是绝不能大意。必须加大宣传力度,提高人们的环境意识。同时制定相应的法律措施,严格控制“三废”的排放。另外指导农民合理使用农药,不施含汞农药和含镉等重金属元素的化学肥料。

参考文献

[1] 李天杰. 土壤环境学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.

[2] HASSANNA S E, POIENIAL P B. Zn, Cd contamination of sandy soil after

different irrigation periods with sewage effluent[J]. *Water Air and Soil Pollution*, 1993, 66(3/4): 239 - 249.

[3] NAIDUR, KOOKANA R S, SUMNER ME. Cadmium sorption and transport on variable charge soils[J]. *Environ Qual*, 1997, 26: 602 - 617.

[4] HUX F, WU H X, HUX. Impact of urbanization on Shanghai's soil environmental quality[J]. *Pedsphere*, 2004, 14(2): 151 - 158.

[5] 陈杰, 陈晶中, 檀满枝. 城市化对周边土壤资源与环境的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2002, 12(2): 70 - 74.

[6] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 中国农业化学常规分析方法[M]. 北京: 北京出版社, 1983.

[7] 国家技监局, 国家环保局. GB15618-1995 中华人民共和国土壤环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.

[8] 何乱水, 马炳祥, 杜文奎, 等. 西北黄土高原干旱半干旱条件下城市污染特点[J]. *中国地质*, 2003, 30(4): 442 - 448.

[9] 中国绿色食品发展中心. 绿色食品产地环境质量现状评价技术导则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.

[10] 浙江农业大学. 蔬菜栽培学各论[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 268.

[11] 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[J]. *广东农业科学*, 2001(1): 20 - 22.