

三亚市果蔬 Cd、Pb 含量及其评价

李许明, 李福燕, 郭彬, 陈柳燕, 张黎明, 漆智平*

(中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南儋州 571737)

摘要 测定了海南省三亚市74个水果瓜菜种植点土壤和果蔬的Cd、Pb含量。采用国家土壤环境质量和国家食品卫生标准计算单项因子指数和综合污染指数,通过内梅罗污染指数标准进行了评价。结果表明,三亚果蔬地土壤Cd、Pb平均含量分别为0.095和36.66 ng/kg,整体上为清洁安全无污染水平,极个别监测点出现轻度污染和接近污染现象。果蔬中Cd、Pb平均含量分别为0.021和0.11 ng/kg,Cd的超标率为16.22%,均为轻度污染;Pb的超标率为10.81%,各点间差异较大,两个点的果蔬出现重度污染。

关键词 土壤污染;Pb;Cd;评价

中图分类号 X53 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)27-08661-02

Research on the Concentration of Pb-Cd in Vegetable and Fruit in Sanya City and its Evaluation

LI Xu ming et al (Tropical Crops Genetic Resource Institute, CAIAS, Danzhou, Hainan 571737)

Abstract The content of Cd and Pb in soil, vegetable and fruit were measured and analyzed in 74 vegetable fields of Sanya, and then evaluated with the method of single and synthesis pollution index according to the national environmental quality standard for soils and the national food and environment quality standard. The results showed that in vegetable field the content of Cd was 0.095 ng/kg and the Pb was 36.66 ng/kg, which accorded with the cleanliness safe and non pollution, and only a few field was with low grade pollution. The content of the heavy metal Cd in vegetable was 0.021 ng/kg, meaning 16.22% over compared with the standard. Pb was 0.11 ng/kg, meaning 10.81% over compared with the standard.

Key words Soil Pollution; Pb; Cd; Evaluation

海南省三亚市地处热带,属热带海洋季风气候,是中国最南端的滨海城市。三亚年均气温25.4℃,月最高气温25~36℃,月最低气温10℃以上;年均降水量1279 mm,全年日照时间2563 h,素有“东方夏威夷”之称。被联合国评为最适宜人类居住的城市之一,也是我国第一批生态示范区,先后荣获“中国园林城市”、“全国生态示范区”、“中国人居环境奖”等国家级奖项^[1]。

三亚市全年适宜瓜果蔬菜种植生产,据统计,2004年三亚市水果瓜菜种植面积24585 hm²,产量455223 t,冬季瓜果菜日出岛量达1400 t,是海南重要的果蔬生产市县^[2-3]。但同时三亚市风害和雨害较多,病虫害发生也较为频繁,农药、化肥的施用,对三亚土壤及果蔬品质的影响尚未见相关报道。近年来,三亚市外来人口增加,城市化建设加快,生活垃圾污水的排放剧增,这块“净土”有无受到重金属的污染,农产品的质量是否安全,是市民和专家学者普遍关注的问题^[2]。据此,笔者以海南三亚市为试点,分析并评价了三亚果蔬地的Cd、Pb含量,对三亚果蔬地的环境管理提出建议。

1 材料与方

1.1 样品的采集与处理 2005年12月选择海南三亚市各乡镇农场的74个果蔬生产点(图1),在每个点选取有较大种植规模的单种商品果蔬种植地块,采土壤和植物混合样各1个样。

土壤采用蛇形法采集混合土样,根据地块面积采样15~25个,采集深度为0~20 cm的耕作层土壤1 kg,混匀后用4分法从中选取1 kg土壤作为混合样品。混合样品在室内风干,去除杂物,过1.0 mm孔尼龙筛,装袋,用4分法取50 g样品全部过0.1 mm尼龙筛,装袋备用,整个过程土壤样没有与金属工具接触。在土壤采集点上采集果蔬的新鲜可食部分(采集数目与土壤数一致),非当季瓜果的取叶片,其中采果实的果蔬有:豆角、丝瓜、黄瓜、木瓜、西瓜、哈密瓜、茄子、辣

椒;采叶子的有:芒果、龙眼、香蕉、毛叶枣、大白菜、甘蓝、葱;毛芋头和红薯块根。采回样品用去离子水清洗干净,切小块后混合4分法取约2 kg称鲜重,立即在鼓风干燥箱中杀青后烘干,测定干重,粉碎备用。土壤和蔬菜详细采集和处理方法参照文献[4]。



图1 采样分布示意

1.2 试验方法 分析项目为:重金属Cd、Pb。土壤测定方法采用王水-高氯酸消煮-K-MBK萃取-原子吸收光谱法,植物测定采用HNO₃-HClO₃-H₂SO₄消化-K-MBK萃取-原子吸收光谱法,操作步骤见文献[5]。

土壤评价标准采用GB15618-1995《土壤环境质量标准》中的一级和二级标准(pH值<6.5),标准限值分别为Cd 0.20、0.30 mg/kg、Pb 35.0、250 mg/kg。果蔬评价标准采用GB15201-94和GB14935-94国家食品卫生标准,标准限值为Cd 0.05(蔬菜类)、0.03 mg/kg(水果类),Pb 0.2 mg/kg。通过内梅罗指数法单项污染指数和综合污染指数进行土壤、果蔬污染评价,把土壤、果蔬污染划分为5级,见表1。全部数据的统计与分析采用Excel和SAS软件。

2 结果与分析

2.1 三亚市果蔬地土壤重金属含量 采集三亚市5个镇和5个国有农场的74个果蔬生产点表层土样,并测定分析了土壤和果蔬中Pb、Cd含量。以国家《土壤环境质量标准》一、二级标准进行评价,并通过内梅罗污染指数划分土壤污染等级。

基金项目 科技部科技基础性工作和社会公益研究专项(2004DB3J073)。

作者简介 李许明(1982-),男,广西崇左人,硕士研究生,研究方向:土壤重金属污染与修复。* 通讯作者,博士生导师,E-mail: qzhp88@163.com。

收稿日期 2007-05-12

表1 综合评价分级标准

等级	内梅罗污染指数	污染等级	污染水平
	$P_N \leq 0.7$	清洁 安全	安全, 无污染
	$0.7 < P_N \leq 1.0$	尚清洁 警戒限	尚安全, 接近污染
	$1.0 < P_N \leq 2.0$	轻度污染	有轻度污染
	$2.0 < P_N \leq 3.0$	中度污染	中度污染, 某些污染物超标
	$P_N > 3.0$	重污染	污染严重

注: 其中 P_N 为污染物的污染指数, 其计算公式为: $P_N = \frac{\text{污染物的测定值}(\text{ng/kg})}{\text{污染物的评价标准}(\text{ng/kg})}$ 。

2.1.1 土壤 Cd 含量分析。果蔬地 Cd 的主要来源是肥料杂质、污泥废水和大气沉降, Cd 进入土壤后被吸附在 0~15 cm 的土壤表层, 以 2 价简单离子或简单络离子形式存在土壤溶

液中, 15 cm 以下含量显著减少^[6]。三亚市果蔬地土壤 Cd 含量分析结果见表 2。从表 2 可见, 三亚果蔬地土壤 Cd 平均含量 0.095 ng/kg, 污染指数 0.32, 为清洁安全水平。土壤 Cd 含量范围为 0.015~0.328 ng/kg, 总体变异系数 0.67, 各镇间 Cd 含量差异性不大。以国家二级标准评价, 田独镇和凤凰镇各有 1 个点 Cd 含量超标, 污染指数分别为 1.06 和 1.09, 为轻度污染, 超标率 2.70%。74 个土壤样中 91.89% 符合国家一级标准, 5.41% 符合国家二级标准。以我国土壤(A 层) Cd 元素背景值(0.097 ng/kg) 和我国砖红壤(A 层) Cd 平均含量(0.058 ng/kg) 进行比较^[7], 三亚果蔬地 Cd 含量为国家平均水平的 0.98 倍, 为砖红壤(A 层) 的 1.64 倍。

表2 三亚果蔬地 Cd 含量

地点	土样数	平均含量 ng/kg	污染指数	变异系数	含量范围 ng/kg	符合一级标准		符合二级标准	
						土壤率 %	土壤率 %		
凤凰镇	7	0.146	0.49	0.62	0.071~0.318	71.43		14.29	
国有农场	5	0.088	0.29	0.41	0.051~0.126	100		0	
海棠湾镇	19	0.068	0.23	0.60	0.031~0.194	100		0	
天涯镇	12	0.083	0.28	0.43	0.042~0.148	100		0	
田独镇	20	0.096	0.32	0.75	0.015~0.328	90.00		5.00	
崖城镇	11	0.123	0.41	0.59	0.049~0.251	81.82		18.18	
总体	74	0.095	0.32	0.67	0.015~0.328	91.89		5.41	

2.1.2 土壤 Pb 含量分析。由表 3 可见, 三亚果蔬地 Pb 平均含量为 36.66 ng/kg, 以国家二级标准要求, 平均污染指数为 0.15, 超标率为 0, 属清洁无污染水平。74 个土壤样中 59.46% 达到国家一级标准, 40.54% 达到二级标准。Pb 的含

量范围为 9.31~154.50 ng/kg, 变异系数 0.70, 相差较小。我国 A 层土壤 Pb 平均含量为 26.0 ng/kg, 砖红壤(A 层) Pb 平均含量为 28.7 ng/kg^[7], 三亚果蔬地表层 Pb 含量分别是该两指标的 1.41 和 1.28 倍。

表3 三亚果蔬地 Pb 含量

地点	土样数	平均含量 ng/kg	污染指数	变异系数	含量范围 ng/kg	符合一级标准		符合二级标准	
						土壤率 %	土壤率 %		
凤凰镇	7	27.34	0.11	0.51	16.00~55.52	85.71		14.29	
国有农场	5	44.00	0.18	0.42	23.00~70.38	40.00		60.00	
海棠湾镇	19	23.06	0.09	0.53	9.31~43.43	73.68		26.32	
天涯镇	12	45.90	0.18	0.79	13.27~148.30	50.00		50.00	
田独镇	20	36.78	0.15	0.53	11.77~79.82	60.00		40.00	
崖城镇	11	52.47	0.21	0.71	23.10~154.50	36.36		63.64	
总体	74	36.66	0.15	0.70	9.31~154.50	59.46		40.54	

2.1.3 土壤 Cd、Pb 含量综合分析。由表 4 可见, 以国家标准计算, 三亚果蔬地土壤平均污染指数为 0.28, 最大污染指数 0.90, 整体变异系数 0.63, 各点污染相差较小, 均未出现污染, 凤凰镇、田独镇和崖城镇均有 1 个点接近污染水平。整体上看, 以土壤中 Cd、Pb 含量评价, 三亚果蔬地土壤均为清洁无污染水平。

表4 土壤 Cd、Pb 含量综合分析

地点	土样数	平均污 染指数	变异 系数	污染 指数范围	接近污 染数
国有农场	5	0.27	0.40	0.15~0.38	0
海棠湾镇	19	0.20	0.56	0.09~0.54	0
天涯镇	12	0.26	0.49	0.13~0.56	0
田独镇	20	0.29	0.67	0.10~0.90	1
崖城镇	11	0.37	0.57	0.15~0.78	1
总体	74	0.28	0.63	0.09~0.90	3

2.2 三亚果蔬 Cd、Pb 含量分析 此调查分析了植物样中的 Cd 和 Pb 含量, 并按不同的类型, 将 74 个果蔬样进行分类, 有豆类(豆角)、根菜类(毛芋头、红薯)、瓜类(丝瓜、黄瓜、木瓜、西瓜、哈密瓜)、茄类(茄子、辣椒)、水果(芒果、龙眼、香蕉、毛叶枣)和叶菜类(大白菜、甘蓝、葱)共 6 种。

2.2.1 果蔬 Cd 含量分析。从表 5 可见, 果蔬中 Cd 的平均含量为 0.021 ng/kg, 其平均污染指数为 0.43, 整体上为清洁无污染水平。Cd 在不同类型果蔬中含量各不相同, 根菜类含量最高, 达 0.054 ng/kg, 各类型含 Cd 量是根菜类> 叶菜类> 水果> 豆类> 茄类> 瓜类, 与唐书源等^[8] 的调查结果重庆蔬菜 Cd 含量是根茎类> 瓜果类> 豆类> 叶菜类, 姚春霞等^[9] 报道的上海浦东蔬菜 Cd 含量叶菜类> 根茎类> 瓜果类略有出入, 估计与不同果蔬的营养吸收生理特性及不同的土壤环境条件影响有关。参照国标无公害蔬菜安全要求和水果安

全要求, 三亚市 16.22% 的果蔬超标, 均为轻度污染水平。

表5 三亚果蔬 Cd 含量

作物	土样数	平均含量	平均污	变异	含量范	超标率
		ng/kg	染指数	系数	围 ng/kg	
豆类	14	0.021	0.43	0.45	0.011 ~0.045	0
根菜类	5	0.054	1.09	0.54	0.014 ~0.079	60
瓜类	22	0.009	0.19	0.94	0.001 ~0.034	0
茄类	15	0.016	0.32	0.91	0.006 ~0.06	6.67
水果	14	0.030	0.99	0.19	0.022 ~0.041	50.00
叶菜类	4	0.038	0.76	1.04	0.011 ~0.095	25.00
总体	74	0.021	0.43	0.87	0.001 ~0.095	16.22

2.2.2 果蔬 Pb 含量分析。由表6 可见,Pb 在果蔬中的平均含量为0.11 ng/kg, 其在不同类型果蔬中含量也不相同, 叶菜类含量最高, 为0.26 ng/kg, 各类型含 Pb 是叶菜类 > 根菜类 > 豆类 > 水果 > 瓜类 > 茄类, 与陈同斌等^[10] 报道的北京蔬菜 Pb 含量根茎类 > 瓜果类 > 叶菜类 > 特菜类有较大区别。参照国标无公害蔬菜安全要求和水果安全要求, 10.81% 的果蔬超标, 其中田独镇大茅村和天涯镇布埔村的豆角、田独镇山头村的甘蓝 Pb 含量达到重度污染, 海棠镇南田农场爱国分场的红薯为轻度污染, 另外还有4 个点为轻度污染。

2.2.3 果蔬 Cd、Pb 含量综合分析。将果蔬中的 Cd、Pb 进行

表7 果蔬 Cd、Pb 含量综合分析

作物	土样数	平均污	变异	综合污染指数	轻度污染率	中度污染率	重度污染率
		染指数	系数	范围	%	%	%
豆类	14	0.99	1.35	0.25 ~4.71	0	0	14.29
根菜类	5	1.18	0.57	0.36 ~2.03	40.00	20.00	0
瓜类	22	0.28	1.02	0.06 ~1.10	4.55	0	0
茄类	15	0.31	0.84	0.11 ~1.08	6.67	0	0
水果	14	0.88	0.20	0.64 ~1.23	21.43	0	0
叶菜类	4	1.18	1.14	0.39 ~3.18	0	0	25.00
总体	74	0.64	1.20	0.06 ~4.71	9.46	1.35	4.05

3 结论

三亚果蔬地土壤的 Cd、Pb 含量整体上为清洁安全无污染水平, 极个别监测点出现轻度污染或接近污染现象, 应该给予重视。三亚果蔬中 Cd、Pb 平均含量分别为 0.021 和 0.11 ng/kg; Cd 的超标率为 16.22%, 均为轻度污染; Pb 的超标率为 10.81%, 各点间差异较大, 两个点的果蔬出现重度污染。

参考文献

[1] 海南生态省建设年鉴编辑部. 海南生态省建设年鉴:2000 ~2004 [M]. 海南年鉴出版社, 2004:108 - 109.
 [2] 三亚市统计局. 三亚市统计年鉴(2003) [M]. 三亚: 三亚市统计局, 2003: 93 - 98.

综合污染指数分析评价, 结果见表7。由表7 可见, 果蔬 Cd、Pb 平均综合污染指数 0.64, 为清洁无污染水平, 整体轻度污染率 9.46%, 中度污染率 1.35%, 重度污染率 4.05%。果蔬综合污染指数最大为田独镇大茅村和天涯镇布埔村的豆角, 分别达 4.71 和 3.40, 叶菜类和豆类的重度综合污染率分别达 25.00% 和 14.29%, 出现了明显超标现象, 但其相对应的土壤却没有出现超标, 远低于《土壤环境质量标准》, 这可能与植物的重金属富集能力有关, 也可能是由于蔬菜中 Pb 除来源于土壤之外, 还受其他因素(如大气中输入的铅)影响的结果。从调查研究可知, 蔬菜存在超标问题但所对应的菜地土壤却不存在超标问题, 显然两个标准之间并不十分匹配。

表6 三亚果蔬 Pb 含量

作物	土样数	平均含量	平均污	变异	含量范围	超标率
		ng/kg	染指数	系数	ng/kg	%
豆类	14	0.22	1.08	1.61	0.01 ~1.18	14.29
根菜类	5	0.22	1.12	0.63	0.08 ~0.44	60.00
瓜类	22	0.06	0.28	1.19	0.01 ~0.25	4.55
茄类	15	0.04	0.21	1.10	0.01 ~0.14	0
水果	14	0.10	0.47	0.59	0.01 ~0.23	7.14
叶菜类	4	0.26	1.30	1.17	0.09 ~0.72	25.00
总体	74	0.11	0.56	1.65	0.01 ~1.18	10.81

[3] 海南省统计局. 海南统计年鉴(2005) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2005: 502.
 [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000:1 - 10, 297 - 301.
 [5] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:373 - 382, 390.
 [6] 江泉观, 纪云晶, 常元勋. 环境化学毒物防治手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004:14 - 27.
 [7] 孙铁珩, 周启星, 李培军. 污染生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002:284.
 [8] 唐书源, 张鹏程, 赵治书, 等. 重庆蔬菜的安全质量研究 [J]. 云南地理环境研究, 2003, 15(4): 66 - 71.
 [9] 姚春霞, 陈振楼, 张菊, 等. 上海浦东部分蔬菜重金属污染评价 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4): 761 - 765.
 [10] 陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜铅含量及其健康风险评估 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(8): 1589 - 1597.