

东莞市农业土壤和蔬菜铅含量特征分析

蔡立梅^{1,2,3}, 黄兰椿², 周永章², 许振成^{1,3}, 彭晓春³, 姚玲爱³, 周杨³, 彭平安¹

(1. 中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广东 广州 510640;

2. 中山大学地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275; 3. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655)

摘要 重金属元素铅的危害已经引起人们的广泛关注。为了解东莞市农业土壤和蔬菜铅污染的状况, 选取了该市 118 个农业土壤样品和 43 个蔬菜样品进行铅含量分析。研究发现, 东莞市农业土壤铅含量普遍较高, 92.4% 的样点铅含量超过国家土壤环境质量一级标准, 79.7% 的样点铅含量高于东莞市背景值, 且变异程度较大, 土壤铅含量最大值 (140.58 mg / kg) 为最小值 (20.36 mg / kg) 的 7 倍。各区域农业土壤铅污染程度各异, 依据土壤铅含量高低可作如下排序: 西部平原区 > 中部过渡区 > 东南丘陵区 > 环境保护区。根据分析, 东莞市土壤铅的污染源主要为工业企业“三废”的排放、含铅农药和肥料的大量使用、汽车尾气的排放和大气沉降等。东莞市蔬菜铅含量超标比较严重, 特别是油麦菜和生菜, 超标率分别达到 42.86% 和 37.5%。不同品种蔬菜对土壤铅的富集能力不同, 富集能力顺序依次为: 生菜 > 菠菜 > 芥菜、油麦菜、白菜 > 菜心、芹菜。

关键词 农业土壤; 蔬菜; 重金属污染; 铅; 东莞市

中图分类号: X833; X836 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1003-6504.2010.02.028 文章编号: 1003-6504(2010)02-0122-04

Characteristic Analysis of Lead Concentration in Agricultural Topsoil and Vegetables of Dongguan, Guangdong Province

CAI Li-mei^{1,2,3}, HUANG Lan-chun², ZHOU Yong-zhang², XU Zhen-cheng^{1,3}, PENG Xiao-chun³,
YAO Ling-ai³, ZHOU Yang³, PENG Ping-an¹,

(1.State Key Laboratory of Organic Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2.Center for Earth Environment and Resource, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 3. South China Institute of Environmental Science, Ministry of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

Abstract: This paper describes an investigation of lead pollution in Dongguan city with regard to agricultural soil and vegetables, during which 118 topsoil samples and 43 vegetable samples were collected and analyzed. Result reveals that in general the topsoil of the farmland has been polluted with lead levels exceeding Grade I of the national environmental quality standard of soil, and 79.75% of the samples having higher lead levels than the soil background value of lead in Dongguan. As to vegetables, the investigation also found pretty high lead levels in the vegetable samples, especially of *Brassica campestris* and *Romaine lettuce* exceeding the relevant national standard. The source of lead contamination is discussed, which involves industrial wastes, Pb-containing pesticides and fertilizer as well as car exhaust emissions.

Key words: agricultural topsoil; vegetable; heavy metal pollution; lead; Dongguan City

人们对铅环境影响的关注可追溯到 19 世纪 20 年代^[1]。随着时间的推移, 人们对铅毒害的认识不断地加深, 已引起了普遍重视。铅对农作物和人体均能产生不利影响, 土壤高铅对蔬菜的生长影响很大, 可使蔬菜减产, 并增加蔬菜铅含量^[2-3]。人体通过食物链累积过量的铅, 容易引起慢性铅中毒。农田土壤铅的污染源一般包括工业“三废”、汽车尾气、含铅农药和有机肥料等^[4-5]。

20 世纪 80 年代以来, 东莞市凭借区位优势, 迅速实现了由农业社会向工业社会的转变, 在快速工业化过程的同时, 也给当地环境造成一定污染压力, 尤其是重金属污染。但针对该市土壤和蔬菜重金属污染的研究较少, 本文以东莞市为研究区域, 探讨经济快速发展对土壤环境及蔬菜品质的影响。

东莞市地处珠江三角洲东部, 位于广、深两大都市之间, 其地貌由网河平原和低山丘陵构成, 两种截

收稿日期: 2008-11-22; 修回: 2009-11-20

基金项目: 国土资源部农业地质与生态地球化学调查项目(121201511216) 国家科技重大专项(2008ZX07211) 广东省环保资金项目(20070202043)

作者简介: 蔡立梅(1980-) 男, 博士研究生, 从事环境地球化学研究。(手机) 13430280978 (电子信箱) mcao01217@163.com www.cnki.net

然不同的地貌和地理条件使东莞市分异演化出三类明显不同的地域(图 1):西北部为东江三角洲河网平原区,水资源丰富。其中位于三角洲上游东段的石排镇、横沥镇、企石镇和桥头镇作为东深供水工程和东莞运河水源区,自 1991 年以来环境受到严格保护,此区称为水乡上游保护区(Ⅰ区)。其它 11 个镇所在地域过境水资源丰富,乡镇企业密集,称之为西部平原区(Ⅱ区)。东南部为低山丘陵地区(Ⅳ区),水资源短缺,包括 9 个镇;中部为山区与水乡的过渡地带,称为中部过渡地带(Ⅲ区)^[6]。

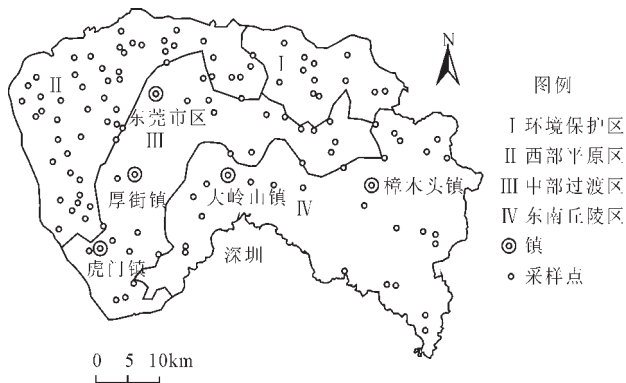


图1 研究区分区及采样点分布图
Fig.1 Zones and sample sites of studied area

1 材料与方法

1.1 样品采集

根据工业布局、“三废”排放状况、灌溉水类型等进行布点(图 1),共采集表层土壤样(0~20cm)118 个(图 1),表土采用多点采样方式(10~15 个点),等量混

合后取 1kg 混合样,同时采集相关的农作物样品。样点采用 GPS 定位,记录经纬度坐标。

1.2 样品处理与测试

土壤样品风干、粉碎、过 100 目尼龙筛后保存备用。采用美国国家环保局推荐的 USEPA 3050B 方法消煮^[7],石墨炉-原子吸收光谱法测定铅^[8]。分析过程加入国家标准土壤样品(GSS-1)进行分析质量控制。

蔬菜样品采样时摘取新鲜的可食部分,装入塑料袋密封,用自来水和去离子水反复清洗,晾干,切碎,在 60℃下烘干,粉碎备用。采用 HNO₃-HClO₄ 方法消煮,石墨炉-原子吸收光谱法测定铅^[8]。分析过程加入国家标准植物样品(GSV-4)进行分析质量控制。

土壤样品 pH 采用电位法(水:土=2.5:1)测定,测试结果 pH 含量范围为 3.69~7.73,平均值为 5.89,可见东莞市农业土壤偏酸性。

2 结果与讨论

2.1 东莞市土壤铅含量特征

东莞市土壤铅含量结果如表 1 和表 2。从表 1 可看出,东莞市农业土壤铅含量普遍较高,对照国家土壤环境质量标准(35mg/kg)^[9],土壤铅含量的超标率达到了 92.4%。平均值为 66.69 mg/kg,远高于东莞市背景值 49.23mg/kg^[10],其中,79.7%的样点土壤铅含量高于东莞市背景值,说明土壤铅污染在该市具有普遍性。所测得的铅含量最高样点土壤铅含量为国家标准的 4 倍,且变异程度较大,土壤铅含量最大值(140.58mg/kg)为最小值(20.36 mg/kg)的 7 倍。

表 1 东莞市土壤铅含量状况

Table 1 Lead content in the soils of Dongguan city

项目	最小值 (mg/kg)	平均值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)	标准差	变异系数 (%)	K-S 值	分布类型	超标率
铅	20.36	66.69	140.58	25.58	38.4	0.63	正态	92.4%

注 k-s 检验双尾置信水平为 0.05 时显著,超标指超过国家土壤环境质量一级标准(35mg/kg)。

表 2 东莞市不同区域土壤铅含量状况

Table 2 Lead content in the soils from different areas

区域	样品数	范围(mg/kg)	平均值(mg/kg)	超标率(%)	变异系数
西部平原区	46	37.14~135	77.19	100	0.3
中部过渡区	27	26.25~140	72.05	92.6	0.43
东南丘陵区	31	26.3~126.2	55.94	90.3	0.36
环境保护区	14	20.36~72.07	49.69	78.6	0.33

对空间变量连续插值可更直观地查看其空间分布特征。由于 As 含量数值符合正态分布,可直接对其进行结构分析,不会产生比例效应^[20],计算 As 含量的实验半变异函数,并根据其特点进行理论模型的拟合。据分析,As 含量的实验半变异函数可用“指数模型”理论变异函数模型进行很好的拟合。根据空间

结构分析所得的变异函数模型进行普通 Kriging 插值得到 As 含量的空间分布图(图 2)。从表 2 和图 2 可看出,东莞市各区域农业土壤铅污染程度各异,依据土壤铅含量高低可作如下排序:西部平原区>中部过渡区>东南丘陵区>环境保护区。

从图 2 还可看出,东莞市土壤铅的污染主要中

在三大块,其中西北部和中北部的高值区主要分布在西部平原区,分别集中在以麻涌、望牛墩、中塘等镇和石龙、茶山等镇为中心的区域上。西南部的高值区主要位于中部过渡区,主要集中在虎门镇周围。

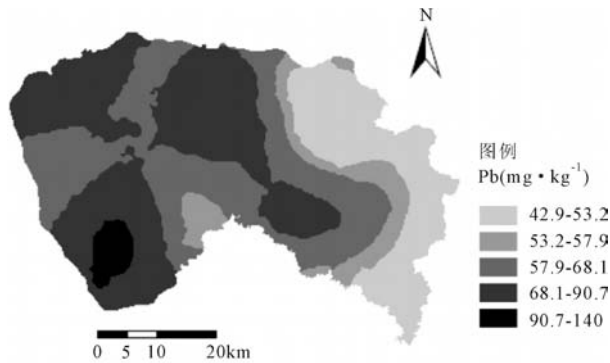


图2 东莞市土壤铅含量的空间分布图
Fig.2 Spatial variation maps of Pb in the soils

根据分析,东莞市土壤铅的污染源主要为工业企业“三废”的排放、含铅农药和肥料的大量使用、汽车尾气的排放和大气沉降等。西部平原区铅污染最为严重,主要是由于该地区大量乡镇企业“三废”的排放和密集的道路交通。西部平原区由于水源充足、交通方便,一些资源消耗大、污染程度大的制造业在改革开放初期开始进入并迅速发展,随着这些重污染产业的

表 3 不同品种蔬菜中铅的含量及其富集系数

Table 3 Contents and bioconcentration factors of Pb in different kinds of vegetable

项目	白菜	生菜	油麦菜	芥兰	菜心	芹菜	菠菜
样品数	13	8	7	9	4	1	1
最大值	0.434	0.445	0.409	0.185	0.117		
最小值	0.022	0.042	0.038	0.027	0.026		
平均值	0.191	0.205	0.164	0.076	0.086	0.061	0.261
富集系数	0.002	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003
超标率(%)	15.39	37.50	42.86	0	0	0	100

为了说明土壤铅含量对蔬菜铅含量的直接影响,以及不同种类蔬菜对土壤铅的吸收和累积特性的差异,在此引用富集系数^[13],即蔬菜可食部分铅的含量与对应土壤铅含量的分数比值。

$$\text{富集系数} = \text{蔬菜铅含量} / \text{土壤铅含量} \times 100\%$$

不同品种蔬菜中铅含量的富集系数见表 3。从表 3 的结果看,不同品种蔬菜对土壤铅的富集能力不同,富集能力顺序依次为:生菜>菠菜>芥菜、油麦菜、白菜>菜心、芹菜。

3 结论

(1)东莞市农业土壤铅含量普遍较高,平均值为 66.69mg/kg,92.4%的样点铅含量超过国家土壤环境质量一级标准,79.7%的样点土壤铅含量高于东莞市背景值。

不断发展,大量重金属污染物排放到环境中,从而也成为东莞市重金属污染最严重的区域。据统计^[11],2004 年底虎门镇共有各种类型企业 140 多家,其中有 50 多家电镀厂和 3 家电厂,茶山镇也分布着东莞市 25 家重点污染企业,且多是造纸厂和电镀厂。而麻涌和中塘等镇主要集中了东莞市的化工、水泥、纺织和造纸等高污染的工业企业,而茶山镇则分布着东莞市的 20 多家重点污染企业,主要是造纸和电镀厂,这些污染大的企业直接导致了当地的土壤铅污染。

而环境保护区由于作为东深供水工程和东莞运河水源区,由于自 1991 年以来环境受到严格保护,所以土壤铅污染程度最低。

2.2 东莞市蔬菜铅含量特征

从表 3 可看出,参照《食品中污染物限量》(GB2762-2005)标准^[12],蔬菜铅含量超标比较严重,特别是油麦菜和生菜,超标率分别达到 42.86%和 37.5%。而土壤中铅的含量未超过国家二级标准中的土壤环境质量限定值,最高含量仅 140.58mg/kg,远低于国家二级标准限定值 250mg/kg。这可能是由于土壤铅标准偏高或者蔬菜铅限量标准偏低,也有可能是蔬菜中的铅除来源于土壤之外,还受其它(大气、水)环境因子影响的结果^[5]。

(2)东莞市各区域土壤铅污染程度各异,依据土壤铅含量高低可作如下排序:西部平原区>中部过渡区>东南丘陵区>环境保护区。土壤铅的污染源主要为工业企业“三废”的排放、含铅农药和肥料的大量使用、汽车尾气的排放和大气沉降等。

(3)东莞市蔬菜铅含量超标比较严重,特别是油麦菜和生菜,超标率分别达到 42.86%和 37.5%。不同品种蔬菜对土壤铅的富集能力不同,富集能力顺序依次为:生菜>菠菜>芥菜、油麦菜、白菜>菜心、芹菜。

[参考文献]

[1] Saby N, Arrouays D, Boulonne L, et al. Geostatistical assessment of Pb in soil around Paris, France[J]. The Science of the Total Environment, 2006, 367: 212-221.
[2] Lee C S, Li X, Shi W, et al. Metal contamination in urban, suburban and country park soils of Hong Kong: A study

- based on GIS and multivariate statistics[J]. *The Science of the Total Environment*, 2006, 356(1-3): 45-61.
- [3] 窦磊, 周永章, 蔡立梅, 等. 酸矿水中重金属人工湿地处理机理研究[J]. *环境科学与技术*, 2006, 29(11): 109-111.
Dou Lei, Zhou Yong-zhang, Cai Li-mei, et al. Removal of heavy metals from AMD by constructed wetlands[J]. *Environmental Science & Technology*, 2006, 29(11): 109-111. (in Chinese)
- [4] Martin J A R, Arias M L, Corbi J M G. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations[J]. *Environmental Pollution*, 2006, 144(3): 1001-1021.
- [5] Eduardo F S. Hazard assessment on arsenic and lead in soils of Castromil gold mining area, Portugal[J]. *Applied Geochemistry*, 2004, 19(6): 887-898.
- [6] 陆发熹. 珠江三角洲土壤[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988.
Lu Fa-xi. Soil of the Pearl River Delta[M]. Beijing: China Environment Science Press, 1988. (in Chinese)
- [7] USEPA. Acid digestion of sediments sludge and soils. EPA 3050B [DB/OL]. <http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf>. 1-12.
- [8] 刘凤枝. 农业环境监测使用手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [9] Liu Feng-zhi. Manual of Environmental Monitoring for Agriculture[M]. Beijing: China Standards Press 2001. (in Chinese)
- [10] 广东省环境监测中心站. 广东省土壤环境背景值数据集[R]. 1990.
Guangdong Province Environmental Monitoring Centre. Handbook of Data for Environmental Background Values of Guangdong[R]. (in Chinese)
- [11] 东莞市统计局. 东莞市统计年鉴(2005)[M]. 北京: 中国统计出版社 2005: 68.
Dongguan Municipal Bureau of Statistical. Dongguan Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2005: 68. (in Chinese)
- [12] GB2762-2005, 食品中污染物限量[S].
GB2762-2005, The Maximum Levels of Contaminants in Foods[S]. (in Chinese)
- [13] 陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市蔬菜和菜地土壤砷含量及其健康风险分析[J]. *地理学报*, 2006, 61(3): 297-310.
Chen Tong-bin, Song Bo, Zheng Yuan-ming, et al. A survey of arsenic concentrations in vegetables and soils in Beijing and the potential risks to human health[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 61(3): 297-310. (in Chinese)
- [13] 胡翔, 李进, 皮运正. 臭氧氧化产物甲醛的产生机理研究[J]. *环境科学学报*, 2007, 27(4):643-647.
Hu Xiang, Li Jin, Pi Yun-zheng. Mechanism of the formation of formaldehyde during ozonation[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2007, 27(4):643-647. (in Chinese)
- [14] 王晶, 解宏图, 朱平, 等. 土壤活性有机质(碳)的内涵和现代分析方法概述[J]. *生态学杂志*, 2003, 22(6):109-112.
Wang Jing, Xie Hong-tu, Zhu Ping, et al. Connotation and modern analysis method for active soil organic matter (carbon)[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(6): 109-112. (in Chinese)

(上接第 117 页)

- 环芳烃的影响[J]. *环境科学*, 2007, 28(2):261-266.
Luo Xue-mei, He Meng-chang, Liu Chang-ming. Effect of microorganism for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) sorption on surface sediments and soils[J]. *Environmental Science*, 2007, 28(2):261-266. (in Chinese)
- [11] 林金明. 化学发光基础理论与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 4-5.
Lin Jin-ming. Chemiluminescence-Basic Principles and Applications[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002: 4-5. (in Chinese)
- [12] 沈吉敏, 李学艳, 陈忠林. 臭氧氧化降解水中硝基氯苯动力学和过程分析[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2008, 40(4): 540-545.
Shen Ji-min, Li Xue-yan, Chen Zhong-lin. Ozonation