

佛山市郊污灌菜地土壤和蔬菜的重金属污染状况与评价

李梅¹, 吴启堂², 李锐¹, 聂呈荣¹, 梁嘉瑞¹, 欧阳凤梅¹, 陈彩凤¹

(1 佛山科学技术学院 生命科学学院, 广东 佛山 528231; 2 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:对佛山市郊5个镇污灌菜地灌溉水、土壤和蔬菜的重金属污染状况进行了调查分析。结果表明,污灌菜地土壤重金属污染比较严重,其主要污染物是Hg和Cd,超标率分别是93.88%和12.24%,有77.5%的土壤综合污染指数大于1;所产叶菜除Hg含量全部符合无公害蔬菜标准外,Cr、Pb、Cd均有不同程度超标,超标率分别是28.57%、14.29%和21.43%。

关键词:土壤; 蔬菜; 重金属污染; 评价; 佛山市郊

中图分类号:S181.3

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)02-0019-03

The Investigation and Evaluation of Heavy Metal Pollution in Wastewater Irrigated Soils and Vegetables in the Suburb of Foshan

LI Mei¹, WU Qi-tang², LI Rui¹, NIE Cheng-rong¹, LIANG Jia-rui¹, OUYANG Feng-mei¹, CHEN Cai-feng¹

(1 College of Life Science, Foshan University, Foshan 528231, China;

2 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The heavy metals pollution on soils and vegetables for some sewage-irrigated vegetable bases in the suburb of Foshan were investigated. The results showed that the heavy metal contamination in soils of the suburb of Foshan was serious. The contents of Hg and Cd exceeded 93.88% and 12.24% respectively in the collected soil samples, comparing to the Grade II limited values of the national soil environment quality standard. The comprehensive pollution indexes of 77.5% of the soils were greater than 1. The leaf vegetables grown in these fields were suffered from the pollution of Cr, Pb and Cd to a different extent, except heavy metal Hg. The contents of Cr, Pb and Cd exceeded 28.57%, 14.29% and 21.43% respectively in comparison with pollution-free food standard.

Key words: soil; vegetable; heavy metal contamination; evaluation; suburb of Foshan

佛山市地处珠江三角洲腹地,是我国经济发展最快的地级市之一^[1]。然而佛山城市化、工业化的快速发展,导致“三废”的大量产生,“三废”未得到有效处理的排放以及垃圾和河涌底泥的农用,致使含重金属的污染物直接或间接地进入农田土壤,导致耕地土壤污染物的积累,尤其是局部水环境恶化导致的被动污灌面积不断增大,污灌区比例高达30%^[2-3],在一些城乡接合部,“污灌”现象更是严重,大量污水用于灌溉致使土壤和蔬菜的重金属污染累积,农产品品质下降,对生态环境、食品安全和农业

可持续发展构成很大威胁。本文对佛山市郊桂城、大沥、罗村、南庄和陈村5个镇的部分污灌菜地的土壤及蔬菜的重金属污染状况进行了调查和评价,旨在对佛山市农业土壤污染的综合治理、改善土壤环境质量、保障蔬菜安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤和蔬菜的采集

2007年3月以佛山市郊桂城、大沥、罗村、南庄和陈村5个镇为代表,在考察各镇农业灌溉水质(主

要从外观看水的颜色、透明度以及气味)后,选择水质较差的连片种植面积在 6.7 hm^2 以上的蔬菜种植区,综合考虑土壤类型、污染源及蔬菜种类等因素确定采样点,共采集灌溉水样 13 个,土样 38 个,对应叶菜样品 35 个,其中菜心 *Brassica parachinensis* 19 个,西洋菜 *Nasturtium officinale* 7 个,白菜 *Brassica chinensis* 9 个. 在灌溉水渠出水口处采集 500 mL 水样于聚乙烯瓶中,立刻加入 1 mL 硝酸酸化至 pH 1 ~ 2,当天送实验室冰箱中保存并尽快分析;所有土壤采样以梅花多点(5 ~ 12)为原则取样,采样深度 0 ~ 20 cm,每样点采集土壤 1.5 ~ 2.0 kg,对应的蔬菜样品采集 1.0 kg.

1.2 样品处理与分析

土样带回实验室经自然风干,磨细过 100 目筛后装瓶备测,水样、土样分别用硝酸-高氯酸和王水-高氯酸于电热板(140 ~ 170 °C)消化,冷却后用 $\varphi = 1\%$ 的稀硝酸溶解,过滤定容. 蔬菜样品取可食部分洗净烘干粉碎,取干样 1.0 g 于可调温式电炉上小火炭化 15 ~ 20 min 后,再于马福炉中灰化(550 °C, 6 h),冷却后加入 1:1 的硝酸 5 mL 溶解,定容至 50 mL. 用原子吸收分光光度计(Z-2000 型, Hitachi)测定以上各种定容溶液中相应的重金属含量. 土壤和蔬菜样品中的 Pb、Cr、Cd 用原子吸收光度法测, Hg 用冷原子吸收光度法测, 土壤和蔬菜均使用硫酸-五氧化二矾于低温电热板(140 °C)微沸消解,水样使用高锰酸钾-过硫酸钾消解^[4-6]. 水质 COD_{Cr} 采用重铬酸盐法测定^[6]. 根据尼梅罗综合污染指数计算土壤重金属综合污染指数.

2 结果与分析

2.1 农业灌溉水质情况

对佛山市郊 13 个采样点的灌溉水质进行调查,结果见表 1. 有 3 个样点 Hg 含量、2 个样点的 Cd 含量和 1 个样点的 Pb 含量超过农田灌溉水质标准(GB5084—92), COD_{Cr} 有 2 个样点超标, Hg 含量平均值已接近农田灌溉水质标准. 表明这些菜地的灌溉水质较差.

表 1 佛山市郊灌溉水质状况

Tab. 1 The quality of irrigation water in Foshan suburb

项目	实测值/(mg·L ⁻¹)		标准值 ¹⁾ /(mg·L ⁻¹)
	范围	平均值	
Pb	0 ~ 0.108 0	0.011 2	0.100
Cd	0 ~ 0.012 5	0.002 6	0.005
Cr	0 ~ 0.016 0	0.010 3	0.100
Hg	0 ~ 0.001 5	0.000 8	0.001
COD _{Cr}	18.57 ~ 279.00	88.71	150.00

1) 农田灌溉水质标准(GB5084—92)

2.2 土壤酸碱性及重金属含量

调查结果(表 2)表明,佛山市郊污灌菜地土壤多数呈酸性,pH 小于 6.5 的样点占 65%,平均为 6.36,土壤中 Hg、Cr、Pb、和 Cd 分别为 0.68、51.54、53.49 和 0.23 mg·kg⁻¹. 除 Cr 元素外,其余各种元素的平均值均超过广东省和全国土壤背景值,尤其是 Hg,其污染指数达到了 8.72 和 10.46,其次是 Cd,平均值分别是广东省和全国土壤背景值的 4.04 和 2.33 倍,说明这些土壤均已受到不同程度的污染. 根据国家土壤环境质量标准(GB15618—1995)二级标准,土壤中 Hg 的污染最为严重,超标率达到 93.88%,其次是 Cd,有 12.24% 的样点超标,Cr 和 Pb 没有超标. 佛山市郊污灌菜地土壤重金属综合污染指数平均为 1.37,已达到了轻度污染的程度,大部分土壤(77.5%)重金属综合污染指数大于 1.0,其中有 6 个土样的综合污染指数在 2.0 以上,达中等污染程度以上. 可见,这些污灌菜地土壤重金属污染比较严重. 与其他城市的市郊菜地相比,佛山市污灌菜地土壤重金属 Cr 和 Cd 的含量水平较低,而 Hg 和 Pb 的含量水平较高^[7-9].

表 2 佛山市郊污灌菜地土壤重金属含量¹⁾

Tab. 2 The contents of heavy metals in the soils irrigated by sewage in Foshan suburb

项目	实测值/(mg·kg ⁻¹)		土壤背景值/(mg·kg ⁻¹)		污染指数1	污染指数2	超二级标准/%
	平均±标准差	范围	广东	全国			
Hg	0.68±0.26	0.32~1.60	0.078	0.065	8.72	10.46	93.88
Cr	51.54±17.8	21.5~94.1	50.500	61.000	1.02	0.84	0
Pb	53.49±13.35	31.1~83.0	36.000	26.000	1.49	2.06	0
Cd	0.23±0.07	0.12~0.44	0.056	0.097	4.04	2.33	12.24

1) 污染指数 1 = 平均值/广东土壤背景值; 污染指数 2 = 平均值/全国土壤背景值; 超二级标准: 指超过国家土壤环境质量标准(GB15618—1995)二级标准的百分比

2.3 市郊各镇土壤重金属含量比较

对市郊各镇土壤重金属含量比较发现,各镇土壤污染形式大致相同,均以 Hg 的含量最接近国家土壤二级标准,其次是 Cd,但以东部、北部的土壤污染较为严重,东部稍轻,这与各镇的经济支柱产业以及发达的程度相符合,大沥以有色金属(铝材、铸造)加工业为主,其土壤 Hg 含量达到 0.82 mg·kg⁻¹,是国家土壤二级标准的 2.73 倍,而以陶瓷为主要产业的南庄镇 Pb 和 Cd 含量最高(表 3).

2.4 叶菜类蔬菜重金属污染状况分析

佛山市郊污灌菜地所产叶菜类蔬菜包括菜心、西洋菜、白菜中的重金属含量有较大的差异,部分已达到了较高的残留水平,蔬菜中 Cr、Pb 含量最高值约为最低值的 5.24 和 3.25 倍,Cd 甚至达到 42.5 倍(表 4). 根据无公害蔬菜重金属限量标准(GB18406.1—2001),各种叶菜的重金属含量除 Hg 外均有不同程度

表3 佛山市郊各镇污灌菜地土壤重金属含量

Tab.3 The contents of heavy metals in the soils irrigated by sewage in different towns

采样点	pH		$w_{\text{Hg}}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		$w_{\text{Cr}}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		$w_{\text{Pb}}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$		$w_{\text{Cd}}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
桂城	5.76~6.90	6.15	0.37~0.74	0.53	26.10~50.60	39.07	31.30~61.40	46.46	0.12~0.27	0.19
大沥	6.34~7.51	6.91	0.40~1.30	0.82	18.50~81.30	43.46	38.70~83.00	55.50	0.17~0.32	0.28
罗村	5.61~6.49	6.31	0.40~0.93	0.62	31.70~96.10	67.77	31.10~65.40	42.93	0.16~0.44	0.25
南庄	6.00~7.14	6.65	0.40~0.78	0.61	56.40~67.80	61.15	65.40~73.20	70.35	0.21~0.36	0.26
陈村	4.80~6.67	6.06	0.32~1.60	0.75	30.40~80.40	46.85	40.50~73.80	55.68	0.13~0.26	0.22

的超标, Cr、Pb 和 Cd 的超标率分别是 28.57%、14.29% 和 21.43%, Cr 的平均含量几乎达到国家蔬菜标准,Cd 的最高检出值为国家标准的 6.8 倍. 相对而言, 叶菜中 Pb 的污染较轻,Hg 的含量均在国家蔬菜检测限量标准以内, 平均只有国家标准的十分之一, 这与土壤 Hg 的普遍超标、Cr 和 Pb 均符合国家标准的污染状况差异很大. 以往的研究表明, 不同蔬菜对重金属的富积能力不同, 而同种蔬菜对不同重金属的富积能力也有差异^[10-11]. 一般认为蔬菜对 Cd 的富积能力强, 而对 Pb、Cr 等的富积能力较弱; 其次, 蔬菜对重金属的累积还决定于各种重金属在土壤中存在状态, 其有效态含量与蔬菜中的重金属含量更为相关; 另外土壤的理化性质也会有影响各种重金属元素的吸收, 具体情况尚需更深入的研究.

表4 佛山市郊污灌菜地叶菜类蔬菜的重金属含量

Tab.4 The contents of heavy metals in leaf vegetables by wastewater irrigated in Foshan Suburb

重金属	实测值/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		标准值 ¹⁾ / $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	超标比例 /%
	范围	平均值 \pm 标准差		
Hg	0.007~0.000	0.001 ± 0.001	0.01	0
Cr	1.100~0.210	0.498 ± 0.071	0.50	28.57
Pb	0.270~0.083	0.118 ± 0.016	0.20	14.29
Cd	0.340~0.008	0.083 ± 0.032	0.05	21.43

1) 国家无公害蔬菜重金属限量标准(GB18406.1—2001)

3 结论

调查结果表明, 佛山市郊污灌菜地土壤与蔬菜的重金属污染较为严重, 土壤重金属达轻度污染程度以上, 部分土壤达到了中度污染, 其污染源主要是 Hg, 其次是 Cd. 污灌菜地所产叶菜除 Hg 含量全部符合无公害蔬菜标准外, 其余 Cr、Pb、Cd 均不同程度超标, 超标率分别是 28.57%、14.29% 和 21.43%.

佛山市近年来工业化、城市化进程加快, 水环境质量持续恶化, 这是导致农业被迫污灌面积增大、重金属污染加剧的主要原因. 因此, 控制佛山市土壤与蔬菜重金属污染的进一步加剧, 首先应加强环境保护工作, 严格限制城市“三废”排放, 积极推进以佛山

水道为重点的城乡水环境综合整治工作, 改善水环境质量; 其次, 产业布局调整, 陶瓷、印染、电镀等污染行业由城市向农村的搬迁应充分考虑其对农业耕地及农产品质量的潜在威胁, 合理规划布局, 并应加强排污监控, 限制污染排放; 第三, 应尽快对佛山市土壤的污染状况展开调查, 重点是各类农业用地以及典型用地的污染情况, 根据土壤污染状况分区进行农业规划和布局, 尤其在污染区, 应严格限制食用农产品的种植; 第四, 开展抗各种重金属污染的蔬菜品种的筛选, 为菜农提供技术指导, 推荐品种.

参考文献:

- [1] 佛山市统计局. 佛山市 2007 年统计年鉴 [M]. 佛山: 佛山统计局, 2007.
- [2] 肖欢欢. 重金属污染佛山人菜篮子 [N]. 广州日报, 2007-06-12 (FS3 版).
- [3] 刘幼萍. 佛山市水资源开发利用情况探讨 [J]. 水利科技与经济, 2006, 12(8): 546-549.
- [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: 474-487.
- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 370-396.
- [6] 国家环境保护总局. 水与水质监测方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 39-47, 210-212, 323-364.
- [7] 朱美英, 罗运阔, 赵小敏. 南昌市近郊蔬菜基地土壤和蔬菜中重金属污染状况调查与评价 [J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(5): 781-784.
- [8] 陈桂芬, 黄武杰, 张丽明. 南宁市菜地土壤及蔬菜重金属污染状况调查与评价 [J]. 广西农业科学, 2004, 35(5): 389-392.
- [9] 姚春霞, 陈振楼, 张菊. 上海市浦东新区土壤及蔬菜重金属现状调查及评价 [J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 884-887.
- [10] 李明德, 汤海涛, 汤睿, 等. 长沙市郊蔬菜土壤和蔬菜重金属污染状况调查及评价 [J]. 湖南农业科学, 2005(3): 34-36.
- [11] 陈玉成, 赵中食, 孙彭蓉, 等. 重庆市土壤-蔬菜系统中重金属的分布特征及其化学调控研究 [J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 44-47.

【责任编辑 周志红】