

江西某蔬菜基地土壤重金属污染现状

左祖发<sup>1</sup>, 毛大发<sup>1</sup>, 熊胜珊<sup>2</sup>

( 1. 江西省地质调查研究院, 江西 向塘 330201 2. 江西省南昌县 向塘中心医院, 江西 向塘 330201 )

摘 要 : 根据表层土、深层土的采样研究资料 , 获取了江西某蔬菜基地的土壤主要重金属元素基准值 , 分析了 5 种重金属元素在该区表层土中的分布、分配及相关特点 , 分析了元素的迁移特征。对该蔬菜基地的土壤重金属污染现状作了初步评价 , 并提出了合理调整的相关建议。研究发现 , 该蔬菜基地表层土( 耕作土层 ) 中 Cd、Hg、Pb 存在明显的积聚现象。局部地段土壤中已超出了农业部颁发的无公害蔬菜产地以及绿色食品产地土壤环境质量标准 , 成了“ 不安全生产区 ”。同时发现区内重金属含量本底值并不高 , 重金属的污染积蓄主要与人类生产活动有关 , 可能来源于长期不合理的施肥与喷药。

关键词 : 土壤污染现状 , 重金属 , 蔬菜基地 , 江西某地

中图分类号 : P632      文献标识码 : A      文章编号 : 1000 - 8918( 2006 )06 - 0558 - 04

笔者所指的某蔬菜基地 , 位于长江中下游的江西省中北部。因其地理优势和土质松软、肥沃及蔬菜种植历史悠久 , 长期以来为城镇居民们的“ 餐桌工程 ”建设立下了汗马功劳 , 同时也为当地菜农的“ 钱袋子工程 ”作出了应有的贡献。

长期以来 , 人们在追求繁荣的同时 , 又过度地掠夺 , 特别是受“ 产品高价、成本低价、环境无价 ”的不良思想影响 , 致使农业资源再生的载体——表层土壤环境遭受了不同程度的破坏 , 局部区段的土壤“ 健康 ”状况令人担忧。大地是万物生长之母 , 人类耕耘在土地上 , 如果让土地产出有营养而无害的农产品 , 就应特别关注土地的“ 健康 ”状况 , 掌握其地球化学“ 基因图谱 ”和有毒、有害物质的地球化学特征。其中 , 重金属污染状况是尤其值得关注问题。土壤受到重金属的污染 , 其污染物很难消除 , 不仅农产品不能食用 , 就连当地土壤也不能充分用来耕种 , 从而导致土地生产力急剧下降 , 生态环境遭受破坏。

1 研究方法

1.1 样品的布置与采集

以 1 点/km<sup>2</sup> 密度布设表层土壤采样点。样点布设在每平方千米的中心位置附近 , 为使样品具有较强的代表性 , 样品由所布设的样点周围( 半径 50 m 圆周范围内 )采集 3 ~ 5 个子样( 0 ~ 20 cm 土柱 )组合而成。在大区域采样中该蔬菜基地共采集样本 64 件 , 为了解区域土壤的本底值 , 以 1 点/4 km<sup>2</sup> 采

样密度布设了深层环境样品 , 为 - 180 ~ - 200 cm 土柱 , 该区共采集了 36 件样本。

1.2 样品的测试分析

表层、深层环境样品分别以 1 个样品/4 km<sup>2</sup>、1 个样品/16 km<sup>2</sup> 组合后进行测试。由湖北省武汉实验测试所承担测试工作。

2 土壤环境的地球化学特征

2.1 土壤的基准值( 本底值 )

土壤基准值( 本底值 )是指未受或很少受人类活动影响和不受或很少受现代工业污染与破坏的情况下土壤原始的化学组分含量。实际上 , 人类活动与现代工业发展的影响已遍布全球 , 很难找到绝对不受人类活动影响的土壤 , 只能去寻找人为影响尽可能小的地方。这里将 - 180 ~ - 200 cm 代表区域环境原始状态( 据毛大发等 2003 )的深层土壤样品分析结果 , 经数理统计确定的平均值作为本区土壤中 5 种重金属元素的基准值(  $X_0$  )。用基准值减 1.65 倍标准离差(  $S_0$  )至基准值加 2 倍标准离差作为本区土壤正常背景的区间值( 表 1 )。

表 1 5 种重金属元素基准值与背景区间值					
元 素	Cd	Hg	Pb	As	Cr
$X_0$	132	49	32	10	63
$S_0$	61	16	6	4	27
背景区间	31 ~ 254	23 ~ 81	22 ~ 44	3 ~ 18	118 ~ 117

注 : 含量单位为  $w_{Cd、Hg}/10^{-9}$ 、 $w_{其余元素}/10^{-6}$  , 表 2、表 5 同。

2.2 土壤酸碱度

区内土壤总体呈偏酸性。深层环境pH为6.5 ~ 7 表层环境 pH 为 5.5 ~6.5。可见 表层土因为种种原因( 耕种与环境污染 ,如酸雨等 )已有酸化现象。

2.3 重金属元素平均含量及变化特征

表层土中元素平均含量( $\bar{X}$ )等特征参数见表2。变异系数( $C_v$ )特征显示 ,区内重金属元素的分布分配是不均匀或极不均匀的。特别是 Hg、Cd 等最为明显 , $C_v$  分别达到了 1.04 和 0.50。相对基准值而言 表层土 Hg、Cd、Pb、Cr 已存在明显积聚。根据元素的空间分布特征以及实地调查论证 ,发现 Hg、Cd、Pb 的局部积聚主要与人为扰动有关。

表2 表层土壤元素平均含量特征			
元素	$\bar{X}$	$S_0$	$C_v$
Cd	2263	1130	0.50
Hg	1132	1172	1.04
As	77.6	22.5	0.29
Cr	440.9	99.3	0.23
Pb	440	111	0.25

研究还发现 ,常年一直种植蔬菜的地块( 或田块 )比轮作或间歇式蔬菜种植地块重金属含量更高 ;从种植历史上看 ,历史越久远地段重金属含量越高。这一特征表明常年菜地土壤受人为扰动大 ,被带入的污染元素更多。

浅、深层土壤元素含量对比发现 :①表层土壤的 Cd、Hg 平均含量已分别超出了深层土壤基准值的 17 和 30 倍 ,并已超出了背景区间上限临界值 ;② Cd、Hg、Pb 含量峰值是基准值的 2.3 ~5 倍 ,是背景区上限临界值的 1.65 ~4.6 倍 ,可见 ,该 3 种重金属元素在表层土中积蓄现象明显 ;③As、Cr、Cu 含量均显示表层低于深层的特点 ,这可能与人为带入较少 ,同时 ,元素向地下深处迁移有关。

2.4 元素相关组合特征

相关分析结果表明 ,Hg 与 Pb 相关 ,Cd 与 P 相关性较好 ,As、Cr 与其他元素相关性差 ,这表明 Hg、Pb 的积蓄可能与农药、防霉剂、除菌剂的使用相关 ,而 Cd 可能随磷肥、钙肥等带入 ;As、Cr 可能源于不同类、不同期的工业污染物的排放。

3 土壤中重金属元素污染现状

依照农业部颁发的无公害食品蔬菜产地环境条件 NY5010-2002 标准( 表 3 )和绿色食品产地环境技术条件 NY/T391-2000 标准( 表 4 ) ,结合本区 pH 值特点采用小于 6.5 档标准绘制出区内 5 种重金属元

表3 无公害食品蔬菜基地土壤环境质量要求 10<sup>-6</sup>

元素	含量极值		
	pH < 6.5	pH = 6.5 ~ 7.5	pH > 7.5
Cd	≤0.3	≤0.3	≤0.4 <sup>(1)</sup> ≤0.6
Hg	≤0.25 <sup>(2)</sup> ≤0.3	≤0.3 <sup>(2)</sup>	≤0.85 <sup>(2)</sup> ≤1.0
As	≤30 <sup>(3)</sup> ≤40	≤25 <sup>(3)</sup>	≤20 <sup>(3)</sup> ≤25
Pb	≤50 <sup>(4)</sup> ≤250	≤50 <sup>(4)</sup>	≤50 <sup>(4)</sup> ≤350
Cr	≤150	≤200	≤250

注 ( 1 )为白菜、莴苣、茄子、蕹菜、芥菜、苋菜、茼蒿、菠菜的产地应满足此要求 ( 2 )为菠菜、韭菜、胡萝卜、白菜、菜豆、青椒的产地应满足此要求 ( 3 )为菠菜、胡萝卜的产地应满足此要求 ( 4 )为萝卜、水芹的产地应满足此要求

表4 绿色食品产地土壤环境质量条件 10<sup>-6</sup>

耕作条件	旱 田			水 田		
pH 值	<6.5	6.5~7.5	>7.5	<6.5	6.5~7.5	>7.5
Cd	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4
Hg	0.25	0.3	0.35	0.3	0.420	0.4
As	25	20	20	20	50	15
Pb	50	50	50	50	120	50
Cr	120	120	120	120	60	120

素的污染状况图( 图 1 ) ,列出质量综合评价表( 表 5 )。由图 1、表 5 可见 ,该蔬菜基地土壤环境质量相对较差 ,已有污染退化现象。区内存在明显的 Cd、Hg、Pb 蓄积污染 ,局部地段土壤中元素含量已接近甚至超出无公害食品产地的环境质量标准的临界值。若以安全区、警戒区、轻污染区、中污染区、重污染区等档次划分质量层次 ,则区内 Cd 轻污染区达 10 km<sup>2</sup> ,警戒区 12 km<sup>2</sup> ;Hg 中污染区 1 km<sup>2</sup> ,轻污染区 3.6 km<sup>2</sup> ;Pb 轻污染区 1.2 km<sup>2</sup> ,警戒区 14 km<sup>2</sup>。

由此看来 ,该蔬菜基地土壤具有 Hg、Cd、Pb 的明显污染现象 ,土壤含 Hg、Pb、Cd 量均达污染程度 ;Cd 和 Pb 在土体中显著蓄积 ,推断原因可能主要与农药和化学除草剂的使用有关。其土壤环境质量是令人担忧的。尤其是靠近城镇区的地段。如人口集中的乡镇居民点一带形势更为严峻 ,多数重金属元素积聚均明显。

调查发现 ,区内厂矿企业不发达 ,重金属积聚的原因主要是农业生产的施肥与喷药( 特别是除草剂、抑菌剂、防霉剂等的使用 ) ;其次 ,是城市废气与大气降尘。如 Hg 主要源含汞农药以及部分城市污泥 ;Cd 主要来源于肥料杂质( 尤以磷肥为甚 )与城市污泥 ;Pb 主要来源于含 Pb 农药以及燃料废气等。

由于蔬菜具有换茬周期短、易受虫害等特点 ,故而增施肥料“ 催产 ”与防治虫害是不可避免的。如何解决这一矛盾呢 ? 关键在于正确使用化肥农药 ,切不可乱喷滥施 ,更不能为达高产与成本低价而使用含有毒有害杂质高的劣质化肥农药 ,以免出现为

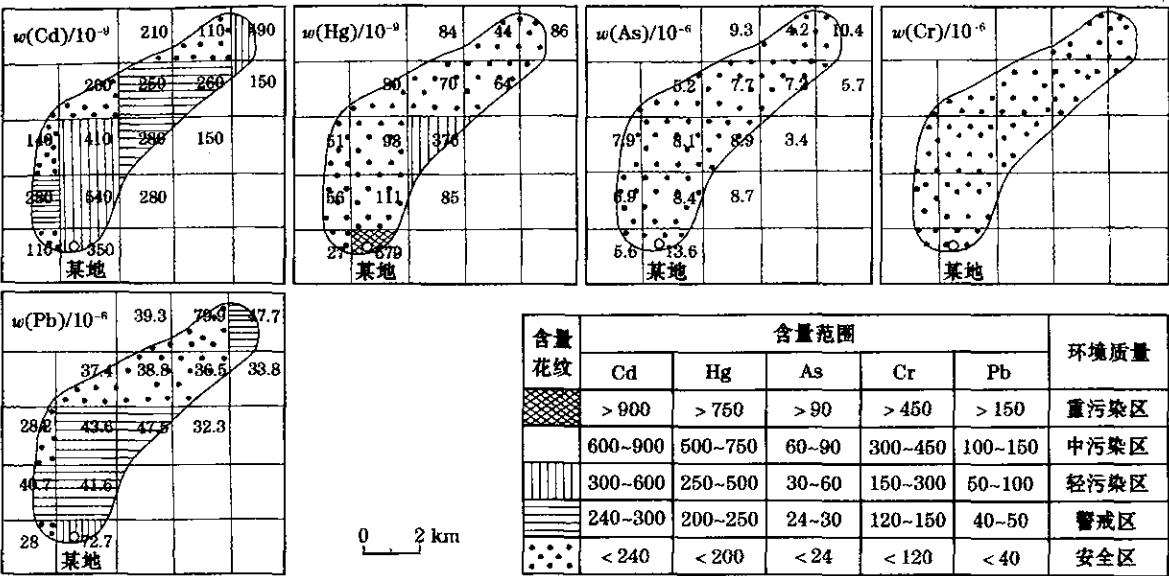


图 1 某蔬菜基地土壤污染现状

表 5 某蔬菜基地环境质量综合评价

元素	平均含量	峰值	超标面积 km <sup>2</sup>	环境标准	
				无公害	绿色
Cd	296	540	10	≤300	≤300
Hg	104	679	3.6	≤250	≤250
Pb	39.2	72.7	1.2	≤50	≤50
As	7.49	13.6	0	≤30	≤25
Cr	39	50.4	0	≤150	≤120

追求眼前效益而损害长远利益的不良发展现象。

4 结论与防治对策

通过对某蔬菜基地土壤中主要重金属元素含量分布与污染现状的调查,认为区内土壤的重金属污染现象是普遍的,局部地段污染已较为突出,不仅污染元素种类多,而且积蓄量也较明显,勿庸置疑,随着种植时间的延续,重金属将会在土壤中加大积蓄。

从土壤环境地球化学角度出发,依据维护土壤生态安全,确保人体健康,严把人类“进口关”的原则,认为该蔬菜基地已呈退化趋势,可以说这一地区的土壤质量正呈现“毒性”,若不及时采取有效措施,则不适宜长期种植蔬菜。尤其是对重金属 Hg、Cd、Pb 吸收强的白菜、萝卜、水芹、菠菜等。

针对上述实际情况,根据目前所掌握的资料,提出以下建议与对策。

(1)从源头抓起,及时查清 Hg、Cd、Pb 等主要污染源,并切断污染源,减少污染物进入土壤环境;列出污染物“清单”,调查哪些部门、企业、行业会排放这些污染物,哪些工艺会产生污染物,这样便可以从源头上进行控制其积聚加重与蔓延。

(2)及时了解已有的 Hg、Cd、Pb 等污染所产生

的有关不良生态影响。

(3)严格控制工农业生产及生活过程中对污染物的排放,革除炉渣、煤灰、城市污泥当施肥以及污水浇灌等不良的耕种习惯。

(4)种植区内控制发展工业生产并坚持“清洁生产、达标排放、总量控制”的原则不放松。

(5)尽力做好土壤修复工作。首先是发挥土壤自身功能,使污染物进行转化;其次是人为调控,在土壤中加入修复剂,转化驱除污染物。另外,还可以利用“生物疗法”,即利用某些具有超强积累功能的植物吸收一些重金属污染物,如种植“东南景天”可以吸附土壤中大量的镉、铅等重金属。

(6)Hg、Cd、Pb 为毒性较强的重金属元素,而且土壤被污染后,治理难度大,环境质量恢复慢。因此,为了确保该地区及周边城镇居民的身体健康,严把从田园到餐桌的“进口关”,根据区域景观条件的相似性,宜将蔬菜种植基地东移至“土壤清洁区”;同时,及时调整农业产业结构,将已是较重污染地段改种非食用性的经济作物,如花卉、苗木等农业用地,以利农产品的食用安全。

笔者所作仅是区域性土壤环境地球化学调查部分成果的总结,未作元素相关有效量的探讨,笔者将问题提出,旨在抛砖引玉,展开讨论,引起人们对这一地区农产品生产基地土壤环境质量的广泛关注。

参考文献:

[1] 赵小敏. 土壤地质与资源环境[M]. 北京: 地质出版社, 2001.  
[2] 关连珠. 土壤肥料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.  
[3] 张丛. 环境评价教程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[ 4 ] 吴毅文,陈金华.土壤[ M ].北京:中国环境科学出版社,2001.

[ 5 ] 朱立新,马生明,王之峰.土壤生态地球化学基准值及其研究[ J ].地质与勘探,2003,39( 6 ):58.

[ 6 ] 鄢明才,顾铁新,迟清华,等.中国土壤化学丰度与表生地球化学特征[ J ].物探与化探,1997,21( 3 ):161.

[ 7 ] 陈德友.成都市土壤环境质量及优质农产品基地选区地球化学评价[ J ].物探与化探,2004,28( 3 ):261.

[ 8 ] 赵小敏,朱碧华,陈美球.鄱阳湖地区土地利用分区及土地持续利用研究[ J ].江西农业大学学报,1998( 4 ):416.

[ 9 ] 毛大发,鄢新华,刘小兵,等.试论南昌—莲塘一带土壤环境地球化学特征及其环境质量[ J ].地质与勘探,2003,39( 3 ):72.

[ 10 ] GB/T18407.1-2001,土壤环境质量标准[ S ].

[ 11 ] NY5010-2002,无公害蔬菜基地土壤质量标准[ S ].

[ 12 ] NY/391-2000,绿色食品产地环境质量标准[ S ].

## THE PRESENT SITUATION OF SOIL HEAVY METAL POLLUTION IN A VEGETABLE BASE OF JIANGXI PROVINCE

ZUO Zu-fa<sup>1</sup>, MAO Da-fa<sup>1</sup>, XIONG Sheng-shan<sup>2</sup>

( 1. Institute of Geological Survey of Jiangxi Province, Xiangtang 330201, China; 2. Xiangtang Central Hospital of Nanchang County, Xiangtang 330201, China )

**Abstract** Based on sampling data from soil of deep and top layers, the authors obtained the standard contents of main heavy metallic elements in soil of a vegetable base in Jiangxi Province, analyzed the distribution and relevant characteristics of five heavy metallic elements in top soil of this base, and probed into the migration features of these elements. According to related laws and decrees issued by the Ministry of Agriculture, this paper preliminarily evaluated the present situation of soil heavy metal pollution in this base and put forward the proposal that the scope of this vegetable base should be reasonably regulated. The research reveals that there exists obvious accumulation of Cd, Hg and Pb in top soil ( farming layer ) of this vegetable base. Some areas have become " safeless production places " with the Cd, Hg and Pb contents of soil in excess of the Environment Quality Standard for Harmless Food Production Places stipulated by the Ministry of Agriculture. It is found that the original contents of heavy metallic elements in soil are not high, that the accumulation of heavy metallic pollution results mainly from the productive activity of mankind, i. e., from the prolonged unreasonable application of fertilizer and pesticide.

**Key words** present situation of pollution; heavy metals; vegetable base; a certain place of Jiangxi

作者简介: 左祖发( 1963 – ) ,男,工程师。长期从事地质、球化学、环境与农业地质研究工作。已发表论文数篇。

上接 553 页

## CHARACTERISTIC ANALYSIS OF THE GPR PROFILE OF THE FRACTURED ZONE BASED ON RANDOM DISTRIBUTION

HU Rao<sup>1, 2</sup>, WU Jian-sheng<sup>2</sup>, ZHAO Yong-hui<sup>2</sup>

( 1. Shanghai Geotechnical Investigation & Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200002, China; 2. School of Ocean & Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China )

**Abstract** : In order to verify the validity of ground-probing radar in search for the fractured zone of bedrock and identify characteristics of its GPR profile, the authors built a fairly good fault zone model by assuming the dielectric constant of the fractured zone which is distributed randomly in a certain spatial range. Using finite – difference time-domain ( FDTD ) simulation method, the authors obtained the two-dimensional GPR forward profile of the fracture broken belt that can better reveal its features on the GPR profiles. Through simulating different fractured zone models with different crushing degrees or different bedrock dielectric constants, the authors are fully acquainted with their characteristics on GPR profiles. A practical example shows that characteristics of the fractured zone revealed in forward simulation also exist in the practical GPR detection profile. It can thus be concluded that the forward simulation is a practical and reliable means in providing supports for the interpretation of practical GPR profiles.

**Key words** : ground penetrating radar; fractured zone; forward simulation; finite-difference time-domain; random distribution

作者简介: 胡昊( 1982 – ) ,男,同济大学固体地球物理学专业硕士,主要从事城市地球物理、岩土工程检测研究与应用工作。