

珠江三角洲地区土壤 F 分布 及其与地氟病关系初探

刘红樱¹ 赖启宏² 陈国光¹ 冯小铭¹ 郭坤一¹

(1.中国地质调查局城市环境地质研究中心,江苏南京 210016;2.广东省地质调查院,广东广州 510080)

摘要:笔者结合珠江三角洲地区和中国土壤含 F 背景,研究了该区土壤 F 的含量特征、总体和典型区域的分布状况,对土壤类型、成土母质和土地利用类型等影响因素进行了分析,初步探讨了土壤 F 与地氟病的关系。结果表明,珠江三角洲地区浅层、深层土壤 F 平均含量分别为 510 mg/kg 和 529 mg/kg,其中海(陆)相第四纪松散层区的三角洲沉积潜育性水稻土、三角洲盐渍水稻土、基水地的 F 含量最高。6760 km² 的浅层土壤 F 高背景区广泛分布于平原区,东莞、新会、珠海局部呈现污染区;深层土壤 F 高背景区 5504 km²,而污染区都集中在邻海的珠海市高栏、三灶两岛。土壤 F 的富集在沉积物区明显与第四纪海陆、陆海交互相沉积物有关,在基岩区明显和花岗岩类有关,人类影响较强的土壤和水稻土及其盐渍化有利于 F 富集。区内地氟病分布于从化、增城、东莞郊区、南海、新会和恩平,病区均位于高 F 的地层岩石区和土壤高 F 区。土壤 F 高背景区生长的农作物 F 含量存在超标,且病区农作物 F 超标率和超标倍数大于非病区,表明土壤中 F 的生物有效量比例较高,土壤 F 已向农产品中迁移和富集,危及到农产品质量。高 F 的地质环境是造成本区土壤及其农作物 F 含量高的主要原因,成为地氟病发生的致病因素。

关键词:F;土壤;地氟病;珠江三角洲

中图分类号:X142;X53 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)03-0657-08

1 引言

氟元素(F)是人体必需元素,但氟含量异常会导致地方性氟病,即地方性氟中毒和龋齿^[1-9]。中国的水资源受氟化物的污染局部已到严重的程度^[9]。氟危害几乎涉及中国各省、市、自治区,受困扰人口达 7274 万,氟骨病患者 104 万,氟斑牙患者 212 万^[1]。珠江三角洲地方性氟病成因以高氟浅层地下水类型为主^[1]。地方性氟病,是由于长期饮食当地高氟水或食物引起的一种慢性氟中毒,是一种全身性疾病^[1-9]。人体可以经由大气、饮水和食物摄入氟,一般情况下,其主要部分来自饮水^[2-9]。氟的化学性质活泼,自然环境中的各种条件都会对其迁移和富集产生影响^[6]。当土壤中的氟含量过高时,就有可能进入地表水或地下水而转移至水体,进而被作物吸收,通过食物链危

及人体健康^[10-11]。

珠江三角洲存在与水土有关的地氟病、地甲病、肝癌和鼻咽癌等地方病。随着经济高速发展、城市化进程的快速推进,珠江三角洲成为人地矛盾十分尖锐和生态环境破坏较为严重的区域,有限的土地资源状况如何已引起政府有关部门密切关注。因此土壤资源成为珠江三角洲地区社会经济可持续发展和人居安全的重要制约因素。同时由于该区毗邻港澳,是香港、澳门蔬菜、用水的主要供给地,其水土环境质量状况是粤港政府关注的问题。

地质大调查实施以来,中国地质调查局针对珠江三角洲地区,开展以区域地球化学填图方法为依托,结合现代先进分析测试技术,以农业、环境和地方病为主要目标的土壤地球化学环境调查工作。

调查涉及范围包括广州市、佛山市、珠海市、江

收稿日期:2009-11-30;改回日期:2010-03-05

基金项目:中国地质调查局综合研究项目(200030000002)和江苏省自然科学基金项目(BK2007006)资助。

作者简介:刘红樱,男,1966年生,博士,研究员,主要从事环境地质学研究;E-mail:lhykxyf@263.net。

门市、肇庆市鼎湖区和惠州市博罗及东莞市的一部分,总面积约 10003 km²。调查区位于珠江三角洲经济区腹部。地貌以冲积平原为主,面积 6933 km²,其间分布低山丘陵 2674 km² 和台地 683 km²。

2 研究方法

2.1 样品采取与分析

系统采集 0~20 cm 和 150~200 cm 深度的土壤样品,以了解从土壤浅层环境到深层环境地球化学元素含量的变化。土壤采样点在平面上基本均匀分布,采集密度为浅层样品 1~2 件/km²,深层样品 1 件/16 km²。样品经自然干燥,用木棒砸碎,过 20 目或 40 目筛后提取 600 g 分析样。

典型地区采集了植物样品,经清洗、杀酶、烘干、粉碎后过 40 目尼龙筛备用。

采用表层样以每 4 km² 一个组合样、深层样以单样分析的分析方案。分析土样浅层 2601 件、深层 646 件,植物样 43 件。分析方法为离子选择性电极。样品分析由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所实验室和原地矿部广东省中心实验室完成,测试过程质量监控(表 1)。

2.2 土壤 F 环境质量分级

采用地球化学评价方法,即以土壤地球化学背

景基准值(X)加上 2.5 倍其标准离差(S),即 F 含量 $C_i \leq X + 2.5S$ 作为自然背景或清洁区上限,然后再按一定倍数(指数)进行分级(表 2)。

3 结果与讨论

3.1 土壤 F 含量分布特征

3.1.1 浅层、深层土壤氟元素区域含量特征

珠江三角洲区域浅层、深层土壤 F 含量高于广东、中国土壤的背景值和地壳丰度(表 3)。深层土壤 F 含量略高于浅层土壤。与潮湿气候条件下浅层土壤氟淋失有关^[9]。

3.1.2 主要类型土壤 F 含量特征

三角洲沉积潜育性水稻土、三角洲盐渍水稻土、基水地的 F 含量最高,其次为菜园土(图 1)。各种赤红壤和潜育性水稻土的 F 含量较低。

3.1.3 主要地层岩石区土壤氟元素含量特征

海(陆)相第四纪松散层区土壤 F 含量高,岩浆岩和地层区土壤普遍低 F,以元古宙地层区土壤含 F 最低(图 2)。

3.1.4 主要土地利用类型土壤氟元素含量特征

F 含量除造林地、林地和旱地土壤外,其他利用类型土地土壤的均较高,其中以滩涂、水浇地、灌溉水田土壤的最高(图 3)。

表 1 土壤和植物样品 F 分析质量

Table 1 Analytical quality of F in soil and plant samples

分析项目	分析方法	检出限 (μg/g)	一级标准物质		5%抽样检查合格率/%	报出率/%	密码抽查合格率/%
			ΔlgC 合格率 (%)	?合格率 (%)			
土壤F	离子选择性电极	100	100	100	100	100	98.3
植物F	离子选择性电极	1.0	100	100	100	100	100

表 2 土壤 F 环境质量分级评价标准

Table 2 Assessment standards for environmental quality grading of F in soils

元素	一级(自然背景/清洁区)		二级(高背景区)		三级(轻度污染)		中度以上污染	
	含量	分级指数	含量	分级指数	含量	分级指数	含量	分级指数
F (mg/kg)	≤500	≤1.0	500~1000	1.0~2.0	1000~2000	2.0~4.0	>2000	>4.0

表 3 浅层、深层土壤 F 的区域含量特征(剔除后)(含量: mg/kg)

Table 3 Regional characteristics of F concentrations in shallow and deep soils (after discounting) (content: mg/kg)

元素	全区						广东省土壤中值 ^[12]	全国土壤中位值 ^[12]	地壳丰度 ^[13-14]	全区广东	全区全国	全区土壤地壳丰度	浅层深层
	最小值	最大值	算术平均值	中值	几何平均值								
浅层	247	1882	490	510	467		416	453	450	1.18	1.08	1.09	0.96
深层			510	529	476					1.23	1.13	1.13	

注:统计剔除临界值为 $X \pm 2.5S$ 。

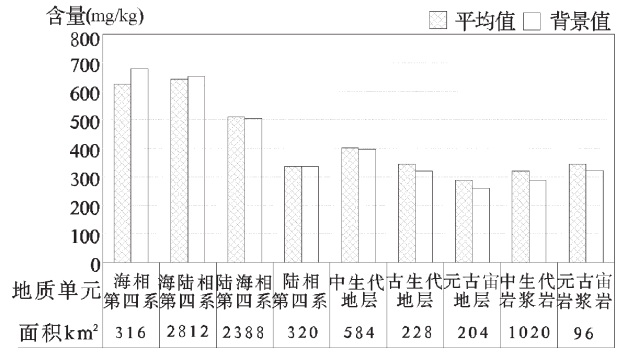
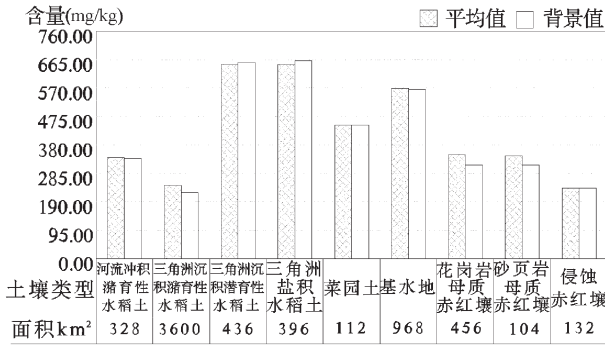


图 1 珠江三角洲主要类型土壤 F 含量

Fig.1 F concentrations of main types of soils in Zhujiang River delta area

图 2 珠江三角洲主要地层岩石区土壤 F 含量特征

Fig.2 F concentrations of soils in main types of strata or rocks in Zhujiang River delta

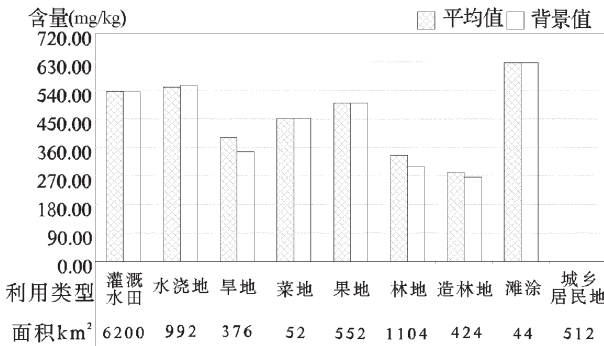


图 3 珠江三角洲主要土地利用类型区土壤 F 含量特征

Fig.3 F concentrations of soils in main types of land areas in Zhujiang River delta

3.2 浅层和深层土壤 F 分布特征

珠江三角洲浅层土壤 F 高背景区广泛分布于平原区,面积 6760 km²(图 4)。高背景区面积比例最

大的是顺德市,其次是广州市番禺区、中山市、新会、三水,高背景区比例达到 50%以上(表 4)。

东莞市区、四会大旺农场、新会古井镇和七堡镇珠海高栏岛和番禺虎门等存在局部污染区,平均含量 1278~1565 mg/kg,总面积 76 km²。前 4 个土壤 F 污染区涉及 3 种主要土壤类型(共 26 种)^[15]、4 种主要地质单元(共 11 种)^[16]、4 种主要土地利用类型(共 21 种)(表 4)^[17]。

深层土壤 F 高背景区区域分布与浅层的类似,说明存在 F 的初始富集,只是面积略小,为 5504 km²,特别是顺德市的高背景区明显缩小(图 5)。污染区都集中在邻海的珠海市高栏、三灶两岛。

3.3 土壤 F 分布与地氟病关系

3.3.1 地氟病的分布及特征

珠江三角洲地区地氟病具有分布广、患病率高及危害大的特点,在广州、东莞、佛山和江门等市均

表 4 珠江三角洲 F 污染区和高背景区特征
Table 4 Characteristics of F polluted areas and high F background areas in Zhujiang River delta

元素	特征区	面积(km ²)	均值(mg/kg)	主要土壤类型	主要地层岩石	主要土地利用类型	
F	高背景区	珠江三角洲	6760	624.6	6、19、14、10、16、18	Q ^{cm} 、Q ^{mc} 、γ	11、13、21、9、31
		东莞市	18	1422	6	Q ^{mc}	11、9
	污染区	四会大旺农场	18	1565	27、6	γ、P-D、Q ^{cm}	14、11
		新会古井镇	8	1304	25	γ	11
		新会七堡镇	12	1278	6	Q ^{mc}	33

注:(土壤类型)6—三角洲沉积淤育性水稻土;10—三角洲沉积潜育性水稻土;14—三角洲盐渍水稻土;16—三角洲酸性盐渍水稻土;18—菜园土;19—基水地(人工堆叠土);25—花岗岩母质赤红壤;27—耕型赤红壤。(地质单元)Q^{mc}—第四纪海(主)陆交互相沉—堆积物;Q^{cm}—第四纪陆(主)海交互相沉—堆积物;P-D—晚古生代碎屑岩局部夹碳酸岩;γ—花岗岩类。(土地利用类型)11—灌溉水田;13—水浇地;14—旱地;21—果地;31—有林地;33—蔬林地;34—造林地;9—城乡居民地。

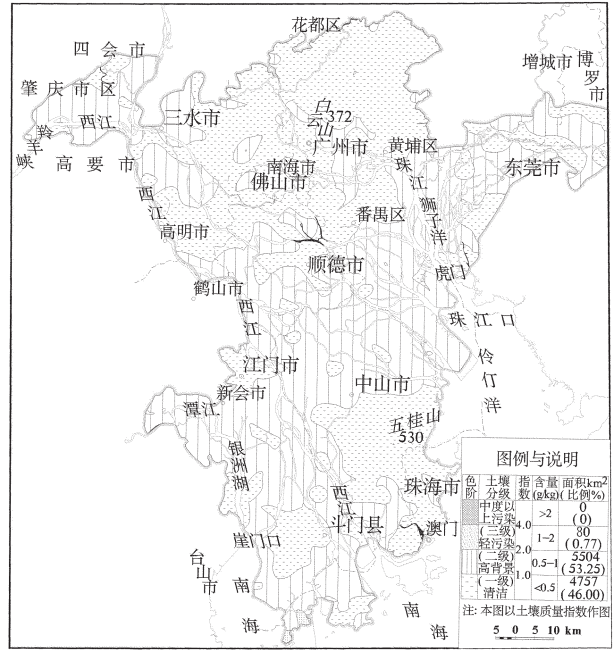
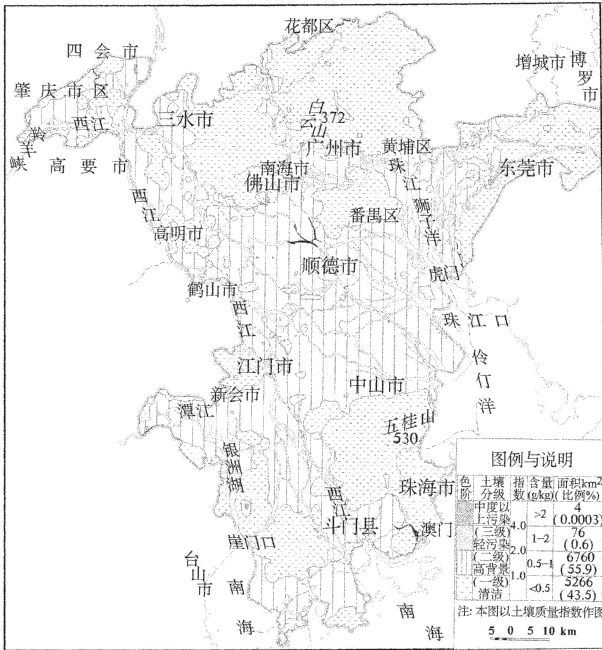


图4 珠江三角洲浅层土壤F区域分布图

Fig.4 Regional distribution of F in shallow soils of Zhujiang River delta

图5 珠江三角洲深层土壤F区域分布图

Fig.5 Regional distribution of F in deep soils of Zhujiang River delta

表5 珠江三角洲地区地氟病分布概况^[19]

Table 4 Distribution of endemic fluorosis in Zhujiang River delta^[19]

市	县	村	人口	氟斑牙		
				氟含量(mg/L)	患病率(%)	氟骨症患病率(%)
广州	从化	3	756	1.55-2.30	75.0-97.0	7.1~20
	增城	2	457	1.44-2.39	32.0-98.0	20.0
东莞	郊区	1	177	1.50	50.0	48.5
佛山	南海	77	34319	1.10-3.10	53.9-93.4	0
	新会	1	263	1.2	30.4	43.0
江门	恩平	2	431	4.00-14.00	77.6	20.0

有分布(表5),病区类型分为:温泉高氟水型、深层地下高氟水型、工矿污染型、污染食物型,发病原因主要为饮水和食物,临床表现为氟斑牙和氟骨症。其中广州和佛山部分村镇居民氟中毒较严重,氟斑牙患病率超过90%^[18-19]。

3.3.2 岩石土壤F分布与地氟病的关系

(1) 地层岩石高F背景区的地氟病

珠江三角洲地区高F地层岩石主要为花岗岩类、第四纪海陆交互相沉-堆积物和第四纪陆海陆交互相沉-堆积物。

一般花岗岩类岩石中有较高的氟含量,而且随

时代变新而升高,中国华南中生代花岗岩类可达1388 mg/kg,而与钨、锡等有关的花岗岩类更高^[6]。珠江三角洲的花岗岩类就产有锡矿。而海相沉积物的CaCO₃及磷灰岩可对氟沉淀起作用,可导致其中富集氟。

区内地氟病区均分布于高F的地层岩石区。广州从化和增城病区有大面积的花岗岩类,东莞郊区病区为第四纪海陆和陆海交互相沉-堆积物区,佛山南海和江门新会病区为第四纪海陆交互相沉-堆积物区。

珠江三角洲地氟病流行病区明显受温泉高氟的影响^[20]。氟是极易水迁移的元素,水氟含量与迁移及径流区地层岩石氟含量和水温呈正相关^[6]。地下热液渗滤溶解F的能力强,据广州24个温泉,水温27~78℃(平均47℃),其水氟含量0.2~23.3 mg/L(平均4.7 mg/L);江门8个温泉,水温40~80℃(平均65℃),其水氟含量1.6~12.0 mg/L(平均5.7 mg/L)^[19]。而断裂带提供了特别有利于地下水渗滤溶解和迁移循环的空间和条件。因而区内温泉高氟与断裂带的展布、温泉出露和地层岩石富F有关。如广州—从化大断裂带附近的增城派潭镇田心塘村和高潭村温泉水氟含量达9 mg/L,从化温泉水氟含量

8.1~12 mg/L。

区内一些矿产和岩石本身就特别高 F, 其中萤石矿含氟量可高达 40.4%, 岩石矿产开采、加工及其废水排放导致饮水高氟, 形成工矿污染型地氟病区, 典型的如东莞樟木头采石场、新会三江采石场和南海大沥化肥厂等。

岩石高 F 可以导致地氟病的发生^[20], 珠江三角洲地区地层岩石的高 F 背景含量, 为水土富 F 提供了前提。

(2) 土壤高 F 区的地氟病

土壤是岩石的风化产物, 尽管还经历了成土作用和人为的改造, 但它或多或少地继承了岩石的特性, 因此不同地层岩石单元土壤的元素含量在一定程度上受到母质母岩的影响。F 主要赋存于云母、磷灰石等造岩矿物中, 随母岩的风化, 云母、磷灰石等可保留于土壤中, 高氟母岩风化的土壤氟也较高^[6]。如花岗岩母质赤红壤等。

珠江三角洲地区土壤高 F 区除与区内分布最广的三角洲沉积潴育性水稻土(3600 km²)有关外, 还与花岗岩母质赤红壤和耕型赤红壤密切相关。

区内地氟病区均分布于土壤高 F 区。广州从化和增城病区主要为花岗岩母质赤红壤, 东莞郊区、佛山南海和江门新会病区均为三角洲沉积潴育性水稻土。

由于 F 特殊的化学性质, 很容易从土壤环境中迁移进入其他环境介质, 水 F 尤其是地下水 F 含量与土壤 F 含量有着密切的关系^[21]。研究证实土壤水浸 F 含量与浅层地下水 F 含量呈显著相关^[22-23]。三角洲沉积潴育性水稻土和赤红壤并非区内高 F 土壤, 因其中 F 的迁移和在局部富集, 导致区域整体的贫化。珠江三角洲土壤 F 在滩涂、水浇地和灌溉水田等土地利用类型区更加富集, 说明与土壤 F 水浸迁移极大相关。

含盐分较高的土壤, 由于上升的盐溶液与土壤发生置换反应, 使环境中存在较高浓度的水溶性钙盐, 随着钙离子活度增加, 氟以 CaF₂ 的形式沉积于环境中, 使含盐分较高的土壤 F 含量高且活性较低^[6]。因而区内高 F 土壤为三角洲沉积潴育性水稻土、三角洲盐渍水稻土和基水地(人工堆叠土), 它们富集 F 与其组成物质和形成环境有关。

珠江三角洲区域浅层、深层土壤 F 平均含量分别高达 510 mg/kg 和 529 mg/kg, 这与贵州省氟中毒区表层土壤全氟含量(528 mg/kg)^[24]相当。由于珠

江三角洲地区地处华南亚热带地区, 淋溶作用强烈, 土壤总体呈酸性, 所以土壤全氟含量也可以用做评价地氟病的一个重要指标^[25], 陈庆沐等^[26]曾从土壤含氟量的角度划分了氟病流行区。

土壤高氟能够导致地氟病的发生^[20]。珠江三角洲地区土壤高 F 区的 F 是水 F 和作物 F 的重要来源。

3.3.3 作物 F 含量与地方病的关系

已有研究证实土壤水浸氟含量与浅层地下水氟含量以及植物氟的吸收量呈显著相关^[22-23]。

珠江三角洲地区土壤 F 高背景区如南海市南庄、龙山、中山市一带生长的农作物, 其 F 含量存在超标, 总体超标比例达 71.1%。71 件蔬菜、大米、水果等样品中, 蔬菜 F 超标率 54%, 最高含量为食品卫生标准限量的 21.58 倍, 7 件大米 F 全部超标, 3 件水果 2 件超标。且病区(南海市)农作物 F 超标率和超标倍数大于非病区(中山市)。

土壤中的氟直接影响到茶叶中的氟含量^[27]。茶叶氟含量变异范围很大, 水溶性氟含量从 4.81mg/kg 到 637.04 mg/kg, 其中氟的浸出率随冲泡时间的延长和冲泡水温的增加而增加, 其中乌龙茶水溶性氟含量为 20.98~501.22 mg/kg, 平均 167.68 mg/kg^[27], 茶叶的氟含量比一般的植物要高很多。当地人群好饮功夫茶, 若长期饮用高含氟量的茶水, 就有可能造成氟斑牙和氟骨病的发生, 即饮茶型地方性氟中毒^[28]。

据夏运生等^[29]的调查, 广州市白云、天河、海珠、芳村和黄埔等近郊蔬菜基地 1999-2000 年 159 件蔬菜中的氟化物含量 Nd~1.97 mg/kg, 超标率 14.3%~33.3%(平均 12.7%), 表明广州市蔬菜受到了一定程度的氟化物污染。

南海市南庄镇和小塘镇两镇摄入量较大的农产品菜心氟含量分别为(7.456 ± 2.910)mg/kg 和(4.870 ± 1.234)mg/kg, 大米氟含量为(1.840 ± 0.130)mg/kg 和(1.850 ± 0.250)mg/kg, 苹果氟含量为(0.52 ± 0.07)mg/kg 和(0.656 ± 0.237)mg/kg, 均超标; 黄瓜氟含量分别为(0.468 ± 0.036)mg/kg 和(0.436 ± 0.039)mg/kg, 梨氟含量分别为(0.256 ± 0.020)mg/kg 和(0.284 ± 0.044)mg/kg, 均接近高标^[30]。

东莞市土壤高氟, 加上工业急速发展, 境内年排氟量可达 864.98 t, 生长于工业区周围的农作物遭受到氟化物的污染危害, 20 世纪 90 年代曾发生 1.067 万公顷香蕉大面积枯叶事件, 其产量和质量下降。

上述表明,珠江三角洲地区土壤中 F 的离子交换态(生物有效量)占全量的比例较高,F 在土壤中可被植物吸收的量较大,土壤 F 已向农产品中迁移和富集,危及到农产品质量。因此高 F 的地质环境是造成本区土壤及其农作物 F 含量高的主要原因,成为地氟病发生的污染食物型致病因素。

4 结 论

珠江三角洲区域浅层、深层土壤 F 含量高于广东、中国土壤的背景值和地壳丰度,其中作为滩涂、水浇地、灌溉水田利用,海(陆)相第四纪松散层区的三角洲沉积潜育性水稻土、三角洲盐渍水稻土、基水地的 F 含量最高。

地层岩石的 F 背景含量高。土壤 F 的富集在沉积物区明显与第四纪海陆、陆海交互相沉积物有关,在基岩区明显和花岗岩类有关,人类影响较强的土壤和水稻土及其盐渍化有利于 F 富集。

浅层土壤 F 高背景区 6760 km²,广泛分布于平原区,东莞、新会、珠海局部呈现污染区;深层土壤 F 高背景区 5504 km²,而污染区都集中在邻海的珠海市高栏、三灶两岛。地氟病区与土壤 F 高含量分布关系密切。

区内地氟病分布于从化、增城、东莞郊区、南海、新会和恩平。病区均位于高 F 的地层岩石区和土壤高 F 区,明显受温泉高氟的影响,地层岩石的高 F 背景含量为水土富 F 提供了前提,土壤高 F 区的 F 是水 F 和作物 F 的重要来源。区内土壤 F 高背景区生长的农作物 F 含量存在超标,且病区农作物 F 超标率和超标倍数大于非病区,表明土壤中 F 的生物有效量比例较高,F 在土壤中可被植物吸收的量较大,土壤 F 已向农产品中迁移和富集,危及到农产品质量,高 F 的地质环境是造成本区土壤及其农作物 F 含量高的主要原因,成为地氟病发生的污染食物型致病因素。

致谢:本项研究是在广东省地质调查院所开展的珠江三角洲多目标地球化学调查工作的基础上进行的,得到了广东省地质调查院和广东省佛山地质调查局的大力支持,在此表示由衷感谢。

参考文献(References):

[1] 李家熙,吴功建,黄怀曾,等. 区域地球化学与农业和健康[M]. 北京:人民卫生出版社,2000:53-67.

- Li Jiayi, Wu Gongjian, Huang huazeng, et al. The Relationship between Regional Geochemistry and Agriculture and Health [M]. Beijing: People's Health Press, 2000:53-67(in Chinese).
- [2] 刘天齐,黄小林,邢连璧,等. 环境保护[M]. 北京:化学工业出版社,2000:37-256.
- Liu Tianqi, Huang Xiaolin, Xing Lianbi, et al. Environmental Protection [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2000:37-256(in Chinese).
- [3] 陈国阶,余大福. 环境中的氟[M]. 北京:科学出版社,1990.
- Chen Guojie, Yu Dafu. Fluoride in the Environment [M]. Beijing: Science Press, 1990(in Chinese).
- [4] 姚政民. 微量元素与地方性氟中毒关系的调查研究 [J]. 中国地方病学杂志,1995(2):100-102.
- Yao Zhengmin. Investigation of relationship between microelement and endemic Fluorine poisoning[J]. Chinese Journal of Endemiology, 1995(2):100-102(in Chinese with English abstract)
- [5] 郑宝山. 地方性氟中毒及工业氟污染研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1992.
- Zheng Baoshan. The Study on Endemic Fluorosis and Industrial Fluoride Pollution[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1992(in Chinese).
- [6] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,1984:65-480.
- Liu Yingjun, Cao Liming, Li Zhaolin, et al. Element Geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 1984:65-480(in Chinese).
- [7] 龚子同,黄标. 土壤中硒、氟、碘元素的空间分异与人类健康[J]. 土壤学进展,1994(5):1-12.
- Gong Zitong, Huang Biao. The spatial variation and human health of selenium, fluorine, iodine element in the soil [J]. Progress in Soil Science, 1994(5):1-12(in Chinese).
- [8] 王云,魏复盛,杨国治,等. 土壤环境元素化学[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995.
- Wang Yun, Wei Fusheng, Yang Guozhi, et al. Elements Chemistry in Soil Environmental [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1995:129-144(in Chinese).
- [9] 联合国环境规划署. 全球环境展望[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997:34-48.
- United Nations Environment Program. Global Environment Outlook [M]. China Environmental Science Press, 1997:34-48(in Chinese).
- [10] 张乃明. 山西土壤氟含量分布及影响因素研究 [J]. 土壤学报,2001,38(2):284-287.
- Zhang Naiming. Distribution of fluorine and its affecting factors in soil in Shanxi[J]. Acta Pedologica Sinica, 2001, 38(2):284-287(in Chinese with English abstract).
- [11] 谢正苗,吴卫红,徐建明. 环境中氟化物的迁移和转化及其生态效应[J]. 环境科学进展,1999,7(2):40-53.
- Xie Zhengmiao, Wu Weihong, Xu Jianming. Transference and transformation of fluorine and its ecology effects [J]. Advanced in Environment Science, 1999, 7(2):40-53(in Chinese with English abstract).

- [12] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990:1-497.
China Environmental Monitoring Center. Background Values of Elements in Soils in China [M]. Beijing:China Environmental Science Press, 1990:1-497(in Chinese).
- [13] 黎彤. 地壳丰度表[J]. 地质与勘探, 1981, (11): 插页.
Li Tong. The table of crustal abundance [J]. Geology and Prospecting, 1981, (11) (in Chinese).
- [14] 郭明才, 迟清华. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
Wu Mingcai, Chi Qinghua. The Chemical Composition of the Crust and Rocks in Eastern China[M]. Beijing:Science Press, 1997 (in Chinese).
- [15] 陆发熹. 珠江三角洲土壤 [M]. 北京: 中国环境科学出版社. 1988:34-48.
Lu Faxi. Soil in the Pearl River Delta [M]. Beijing:China Environmental Science Press, 1988:34-48(in Chinese).
- [16] 广东省地质调查院. 1:25 万广州幅地质图[M]. 北京:地质出版社, 2000.
Guangdong Geological Survey. Geological Map of Guangzhou Sites (1:250000) [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2000 (in Chinese).
- [17] 广东省国土资源厅. 广东省土地利用现状图(1:50 万) [M].广州: 广东省地图出版社. 1996.
Department of Land and Resources of Guangdong Province. The Status Map of Land-use of Guangdong Province (1:500000)[M]. Guangzhou: Guangzhou Map Press, 1996(in Chinese).
- [18] 李勇, 周永章, 付善明, 等. 珠江三角洲地区地方病主要类型及研究述评[J]. 中山大学研究生学刊(自然科学、医学版), 2006, 27 (4):63-68.
Li Yong, Zhou Yongzhang, Fu Shanming, et al. The pattern of endemic and a review on it in the Pearl River Delta [J]. Journal of the graduates, Sun Yat-sen University(Natural Science&medicine), 2006, 27(4):63-68(in Chinese with English Abstract).
- [19] 吴锦权, 陈泽池, 陈佩玟, 等. 广东省地方性氟中毒流行病学研究[J]. 热带医学杂志, 2001, 1(2):181-187.
Wu Jinqian, Chen Zechi, Chen Peiji, et al. Epidemiological study on endemic fluorosis in Guangdong Province [J]. Journal of Tropical Medicine 2001, 1(2):181-187(in Chinese with English Abstract).
- [20] 马瑾, 周永章, 窦磊, 等. 广东省若干典型地方病环境地球化学病因分析[J]. 生态环境 2007, 16(4):1318-1323.
Ma Jin, Zhou Yongzhang, Dou Lei, et al. Relationship between endemic diseases and environmental geochemistry in Guangdong province, China[J]. Ecology and Environment, 2007, 16(4):1318-1323(in Chinese with English Abstract).
- [21] 张泰芳. 土壤环境背景值与地方性氟中毒 [J]. 安徽预防医学杂志, 1999, 5(4):427-428.
Zhang Taifang. Soil environment background value and parochial fluorine toxicosis[J]. Anhui Journal of Preventive Medicine, 1999, 5 (4):63-66(in Chinese).
- [22] Polomski J. Accumulation of airborne fluoride in soils [J]. Environ. Qual., 1982, 11(3):457-461.
- [23] Singh A. Effect of fluorine and phosphorus applied to a sodic soil on their availability and on yield and chemical composition of wheat[J]. Soil Sci, 1979, 128(2):90-97.
- [24] 贵阳医学院氟病研究组. 地方性、食物性氟中毒病[J]. 环境, 1982 (10):6-7.
Fluoride Disease Research Group of Guiyang Medical College. Parochial fluorine toxicosis and fluorine toxicosis caused by food [J]. Environment, 1982(10):6-7(in Chinese).
- [25] 李静, 谢正苗, 徐建明, 等. 我国氟的土壤环境质量指标与人体健康关系的研究概况[J]. 土壤通报, 2005, 237(1):194-199.
Li Jing, Xie Zhengmiao, Xu Jianming, et al. Research progress in the relationship between soil environmental quality index of fluorine and human health in China [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 237(1):194-199(in Chinese with English Abstract).
- [26] 陈庆沐, 刘玉兰. 氟的土壤地球化学与地方性氟中毒[J]. 环境科学, 1981, 2(6):5-6.
Chen Qingmu, Liu Yulan. Soil geochemical of fluorine and parochial fluorine toxicosis[J]. Environment Science, 1981, 2(6):5-6(in Chinese).
- [27] 马立锋, 石元值, 阮建云, 等. 我国茶叶氟含量状况研究[J]. 农业环境保护, 2002, 21(6):537-539.
Ma Lifeng, Shi Yuanzhi, Ruan Jianyun, et al. Fluorine concentrations in teas from China [J]. Argo-environmental Protection, 2002, 21(6): 537-539(in Chinese with English Abstract).
- [28] 李建政, 于秀鹏, 刘章现. 环境毒理学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006:142.
Li Jianzheng, Yu Xiujuan, Liu Zhangxian. Environmental Toxicology [M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2006:142 (in Chinese).
- [29] 夏运生, 何江华, 万洪富. 广东省农产品污染状况分析 [J]. 生态环境, 2004, 13(1):109-111.
Xia Yunsheng, He Jianghua, Wan Hongfu. Analysis of the status of farm produce pollution in Guangdong Province [J]. Ecology and Environment, 2004, 13 (1): 109-111 (in Chinese with English Abstract).
- [30] 黄少宏, 李梅, 欧尧, 等. 南海市两镇居民摄氟水平与龋病流行情况调查[J]. 华南预防医学, 2005, 31 (3):36-38.
Huang Shaohong, Li Mei, Ou Rao, et al. Survey on the fluoride-intake levels and caries prevalence of inhabitants of two towns in Nanhai City[J]. South China J. Prev. Med., 2005, 31 (3):36-38(in Chinese).

Distribution characteristics of fluorine in soils of Zhujiang River delta in relation to endemic fluorosis

LIU Hong-Ying¹, LAI Qi-Hong², CHEN Guo-Guang¹,
FENG Xiao-Ming¹, GUO Kun-Yi¹

(1. Center for Urban Environmental Geology, CGS, Nanjing 210016, Jiangsu, China;

2. Guangdong Institute of Geological Survey, Guangzhou 510080, Guangdong, China)

Abstract: The content and distribution characteristics of F in soils in the whole region and the typical areas of the Zhujiang River delta were studied by contrast with the F background of soils in the Zhujiang River delta and whole China. Soil types, parent rocks and land use types affecting the above situation were analyzed in this paper, and the relations between F content of soils and endemic fluorosis were discussed. The results show that the F average value of surface soils and deep soils in the Zhujiang River delta is respectively 510 mg/kg and 529 mg/kg. The F content of the delta gleyed paddy soils, delta salinized paddy soils and irrigated land in Quaternary marine (continental) loose layer areas is the highest. The high F background areas of surface soils whose acreage is 6760 km² are distributed in the central plain, the F pollution areas are spread in local areas of Dongguan, Xinhui and Zhuhai. The acreage of high F background areas of deep soils is 5504 km², the F pollution areas are distributed in Gaolan island and Sanzhao island of Zhuhai City. The enrichment of F in soils is obviously related to Quaternary marine-terrestrial and terrestrial-marine facies sediments, and evidently has to do with granitoids in the bedrock. The soils influenced by human activity, paddy soils and their salinization seem to be beneficial to F enrichment. The endemic fluorosis in this region is distributed in Conghua, Zengcheng, suburbs of Dongguan, Naihui, Xinhui and Enping, where endemic areas are located in high F strata, rocks and soils. There exists excessive F in the crops growing in soils of high F background areas, and the F excessive rates and excessive times of crops in endemic areas are greater than those of crops in the non-endemic areas, suggesting that the proportion of bioavailable dose of F in soils in pollution areas is high, and F in soils has been migrated and enriched in agricultural products, which jeopardizes the quality of agricultural products. High F soils and crops in the study region caused by high F geological environment become factors responsible for endemic fluorosis.

Key words: F; soil; endemic fluorosis; Zhujiang River delta

About the first author: LIU Hong-ying, male, born in 1966, doctor and professor, engages in environmental geoscience; E-mail: lhylxyxf@263.net.