

燃煤电厂氟对灰场复垦土壤和农作物的影响

唐文伟 赵建夫 顾国维 (同济大学环境工程学院, 上海 200092)

曾新平 (同济大学化学系测试中心)

摘要 以燃用高氟煤的安徽省淮北电厂为例, 研究了电厂排放的氟对灰场土壤和小麦的影响。结果表明: 部分灰场土壤和小麦受到氟污染, 灰场土壤污染程度与灰场覆盖年限的长短、大气中氟浓度显著相关, 灰场小麦氟污染主要来自大气中的氟。

关键词 燃煤电厂 灰场覆土 小麦 氟污染 安徽

Study on the Effects of Fluorine Emitted from Coal Burning Power Plant on Soil and Crop of Reclaimed Ash-field Tang Wenwei et al (College of Environmental Engineering, Tongji University, SHANGHAI 200092); *Rural Eco-Environment*, 1999, 15(3): 36- 38

Abstract Taking Huaibei Power Plant of Anhui Province as example, the effects of fluorine emitted by the Plant on soil and crop of reclaimed ash-field were studied. The Plant uses high fluorine content coal as its fuel. The results of the study indicated that some ash-field soil and wheat were polluted by fluorine. The extent of pollution was clearly related to the age of ash-field and fluorine concentration of the air. The fluorine pollution to the wheat crop was mainly caused by air fluorine.

Key words power plant, coal, ash-field, wheat, fluorine pollution, Anhui

长期饮用高氟水或摄取高氟食物会引起骨质增生、骨头畸形等氟中毒症。我国有相当部分燃煤电厂是以高氟煤为燃料, 煤中的氟以气氟、水氟、渣氟的形式扩散到环境中, 造成了一定的氟污染。我们选择了包含湿、干两种除尘系统的高氟煤源的淮北电厂开展了氟对灰场覆土和小麦污染的初步研究。^①

淮北电厂总装机容量 95 万 kW, 年耗煤量 321.5 万 t。电厂用煤平均含氟量 292 mg/kg, 高于全国煤平均含氟量 200 mg/kg。电厂的粉煤灰经水力输送至灰场, 灰场使用完后覆土还耕。目前淮北电厂共使用 12 个灰场, 总占地面积约 460 hm², 其中 9 个灰场现已覆土还耕。对地方性氟病发生率较高的淮北市而言, 研究灰场覆土和农作物是否受到氟污染以及污染的程度具有重要意义。

1 氟污染监测

1.1 监测方案

为使监测具有代表性, 我们选择分别为 1981 年、1988 年、1995 年覆盖的 3 个灰场(试验灰场、任圩 IV 区灰场、规划 II 区灰场)和非污染区的土壤和小麦作为监测对象, 并同步监测了上述区域的大气氟化物。非污染区为远离大气氟污染源的侯庄(电厂主导风上风向约 12 km), 其土质、施肥等情况和 3 个灰场基本相同。

土壤样采集深度为 15 cm 的耕作层土壤, 3 个灰场按地形均匀分布各采 5 个土壤样品, 并分别采集该区附近对照样 1 个, 非污染区采集 6 个样品。灰样采集灰场覆土下约 5 cm 处的粉

① 1999-01-08 收稿, 1999-03-01 修回

煤灰, 3 个灰场及正在使用的灰场各采集 1 个灰样。小麦的采样布点与土样一致。小麦采集后, 按茎、叶、籽粒分别进行分析。上述样品均由多个采集点采样后均匀汇集并经四分法处理。大气氟化物的监测采用接近植物自然状况的石灰滤纸法(LTP),^[1]监测时间为小麦的生长季, 采样周期约 7 d。

1.2 预处理与分析方法^[1,2]

土样水溶性氟: 样品自然风干, 研磨并过 100 目筛, 称取一定量, 以土水比为 1:5 加去离子水振荡 1 h, 静置 10 h, 用氟离子选择电极法测定。该方法加标回收率 92%~107%, 变异系数 2.5%~6.5%。

土样与灰样总氟: 样品自然风干, 研磨并过 100 目筛。精确称取一定量于镍坩锅, 加NaOH溶液, 在马福炉中 650℃熔融预处理, 冷却后用去离子水洗涤数次, 过滤, 调节pH, 用氟离子选择电极法测定。该方法加标回收率 94%~106%, 变异系数 1.5%~5.0%。

小麦样品(籽粒、茎、叶)中氟: 样品自然风干后在 80℃下烘 2 h, 粉碎并过 40 目筛。精确称取一定量样品, 加适量 1 mol/L HCl, 振荡浸提 2 h, 再加适量 TISAB 和去离子水, 调pH, 抽滤后滤液用氟离子电极法测定。该方法加标回收率 96%~108%, 变异系数 1.1%~5.4%。

大气中氟: 把LTP 标准采样装置上采集的石灰滤纸剪成 5 mm×5 mm 的小块后用适量的 TISAB 和去离子水搅拌浸提 24 h, 用氟离子选择电极法测定。该方法加标回收率 92%~104%, 变异系数 2.0%~3.2%。

主要分析仪器: pH S-3DC 精密数显酸度计、PF-1 型氟离子选择电极、甘汞电极、磁力

搅拌器、摇床、烘箱、马福炉、镍坩锅和粉碎机。

1.3 监测结果

1.3.1 粉煤灰

各灰场粉煤灰中总氟含量随覆盖时间增长而明显减少(见表 1), 覆盖初期递减迅速, 这说明粉煤灰中含有较高的水溶氟, 淋溶效应明显。

表 1 粉煤灰总氟监测结果(1996 年)

Table 1 Monitoring results of total fluorine concentration in coal flyash

采样地点	覆盖时间(a)	总氟(mg/kg)
试验灰场	15	73
任圩Ⅳ区灰场	8	88
规划Ⅱ区灰场	1	112
7 号机排放塘	-	374

1.3.2 土壤

非氟污染区与灰场覆土区耕层土壤总氟和水溶性氟监测结果如表 2 所示。表 2 表明, 覆土麦田土壤氟含量无异常, 其中水溶氟高于非污染区(侯庄), 但低于邻近对照点。

表 2 土壤氟监测结果

Table 2 Monitoring results of fluorine concentration in soil

土壤采样地点	水溶性氟(mg/kg)	总氟(mg/kg)
非污染区(侯庄)	2.23~3.29(2.66)	421~492
试验灰场监测点	3.71~5.06(4.57)	405~455
对照点	5.06	492
任圩Ⅳ区灰场监测点	4.00~4.86(4.40)	360~473
对照点	4.86	455
规划Ⅱ区灰场监测点	2.82~3.56(3.22)	389~455
对照点	5.06	421

1.3.3 小麦

小麦植株各部位氟含量为: 叶>茎>籽粒(见表 3), 高于非污染区, 但与邻近麦田相比无异常。

表 3 小麦样品氟含量(mg/kg)

Table 3 Concentrations of fluorine in wheat samples

采样地点	籽粒	茎	叶
非污染区	0.44~0.62(0.53)	1.60~2.15(1.84)	10.2~15.2(13.1)
试验灰场	0.71~0.99(0.86)	3.76~4.28(3.96)	23.9~30.9(27.2)
任圩Ⅳ区灰场	0.57~0.77(0.70)	3.17~3.60(3.40)	18.4~23.2(20.9)
规划Ⅱ区灰场	0.53~0.66(0.59)	2.25~2.79(2.54)	14.6~18.4(16.2)

1.3.4 大气

大气氟监测结果(表4)表明,在距电厂3.4 km的试验灰场,大气氟浓度已超过小麦生长季标准(GB9137-88)限值 $1.0 \mu\text{g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})$,电厂氟污染随距离的增大而减小,在5 km以外大气氟不超标。

表4 大气氟监测结果

Table 4 Monitoring results of fluorine concentration in air

采样地点	距离电厂(km)	大气氟 $[\mu\text{g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})]$
试验灰场	3.4	$0.83 \sim 1.76 (1.14)$
任圩IV区灰场	5.0	$0.63 \sim 1.09 (0.84)$
规划II区灰场	6.5	$0.59 \sim 0.77 (0.65)$
非污染区	12.1	$0.46 \sim 0.64 (0.54)$

2 氟污染程度评价

2.1 评价方法

土壤总氟与成土母质紧密相关,不宜作为污染评价指标。据报道本区属高氟浅层地下水致病区,地方性氟病患率与土壤水溶氟显著相关,^①因此选用土壤水溶氟为土壤污染评价因子,用污染指数法进行评价。以非污染区(侯庄)的均值(2.66 mg/kg)加上2倍标准差($S = 0.36 \text{ mg/kg}$)作为污染差别值(3.38 mg/kg),判定土壤的污染程度。

作物污染选用小麦籽粒氟作为污染评价因子,同样以非污染区(侯庄)的均值(0.53 mg/kg)加上2倍的标准差($S = 0.06 \text{ mg/kg}$)作为污染差别值(0.65 mg/kg),判定作物的污染程度。此外,以我国食品卫生标准^[3]限值(1.0 mg/kg)作为重度污染差别值。

污染指数 P 由下式计算:

$$P = X / X_s$$

式中, X —— 评价因子均值, mg/kg ;

X_s —— 污染差别值, mg/kg 。

2.2 评价结果

土壤污染评价结果: 污染指数是试验灰场

土壤(1.36) > 任圩区灰场(1.31) > 规划区灰场(0.96), 前两个灰场土壤已污染。

作物污染评价结果: 污染指数是试验灰场土壤(1.33) > 任圩区灰场(1.08) > 规划区灰场(0.91), 同样是前两个灰场作物已被污染, 但小麦籽粒氟未超标, 尚不属于重度污染。

2.3 结果分析

相关分析及 t 检验表明: 小麦籽粒氟、叶氟与大气氟呈极显著正相关, 茎氟与大气氟呈显著正相关; 小麦茎氟与土壤水溶氟呈显著正相关, 籽粒氟、叶氟与土壤水溶氟相关不显著。因此, 可以认为小麦氟主要来源于大气, 土壤氟的影响较小。

3 初步结论

对安徽省淮北电厂不同复垦麦田土壤氟与作物氟的研究表明:

(1) 灰场覆土下粉煤灰中的氟化物随时间增长而减少, 淋溶作用明显。

(2) 粉煤灰对其上层覆土氟含量影响不大。

(3) 电厂气氟排放对作物的影响较大, 可能造成对作物的污染, 甚至重度污染。如试验灰场对照点小麦籽粒氟已超标。

(4) 氟在小麦植株中的积累是叶 > 茎 > 籽粒。

参考文献

- 1 国家环保局编 气和废气监测分析方法 北京: 中国环境科学出版社, 1989
- 2 朱文江 上海市郊氟化物污染对农业的影响 中国环境科学, 1990, 10(5): 393- 398
- 3 中国预防医学科学院标准处编 食品卫生国家标准汇编(1). 北京: 中国标准出版社, 1992

作者简介: 唐文伟, 男, 1968 年出生, 现为同济大学环境工程学院博士生。

① 周世厥, 张冬英, 潘繁. 土壤中氟的分布及其与地方性氟中毒的关系. 安徽环境, 1996, (2): 14- 15