

山西土壤氟含量分布及影响因素研究

张 乃 明

(云南农业大学环境科学系, 昆明 650201)

DISTRIBUTION OF FLUORINE AND ITS AFFECTING FACTORS IN SOIL IN SHANXI

Zhang Nai-ming

(Department of Environmental Science, Yunan Agricultural University, Kunming 650201)

关键词 土壤, 氟, 地理分布

中图分类号 S153

氟(Fluorine)是一种与人体健康密切相关的微量元素,人体摄入氟元素不足或过量均会对健康产生危害。从1886年H. Moissan第一次成功地利用电解法把氟元素单独分离出来至今,对自然环境中氟及其化合物的研究报道越来越多,研究的深度和广度都有很大发展。但以往的研究偏重饮水和大气中氟污染问题的探索^[1~3],对土壤中氟含量研究报道较少^[4],论述影响土壤氟含量因素的文献更为鲜见。实际上人所摄取氟的来源,除饮水之外,从各种动植物食品中摄取的氟也占有相当比例,土壤中氟的含量状况直接影响粮食蔬菜水果等作物中氟的含量,进而通过食物链传递,影响动物性食品的氟含量,最终影响人体健康。因此研究土壤中氟含量及其影响因素既具有理论意义,也可防治氟中毒症等地方病提供科学依据。

1 样品与分析

在全省不同土壤类型区采集土样180个,采样深度为0~20 cm耕层,采样区覆盖全省不同生物气候带和主要的成土母质类型。按网络法布点,在经济发达的中部六大盆地适当加大了采样点密度。

土壤氟采用碱熔电极法测定,有机质采用丘林法,质地采用比重计法^[5],pH值采用电极法测定。

2 结果分析与讨论

2.1 不同土壤中氟含量状况

土壤中氟含量是母质母岩成分与外源输入长期作用的结果,山西不同土壤中氟含量

状况见表 1。可见山西土壤氟平均含量高于全国土壤 (440 mg kg^{-1}) 和世界土壤^[6] (200 mg kg^{-1}), 不同种类土壤氟含量以潮土为最高, 达 $544.91 \text{ mg kg}^{-1}$, 含量顺序为: 潮土 > 褐土 > 淋溶褐土 > 石灰性褐土 > 褐土性土 > 栗褐土 > 栗钙土。各类土壤氟含量变异系数均较小(在 12%~23.57% 之间), 说明同一土壤类别, 其氟含量比较接近。

表1 不同土壤中氟含量(mg kg^{-1})

土壤	样本数	范围	平均值	标准差	变异系数%
褐土性土	27	364~807	488	93	19.0
石灰性褐土	25	363~641	497	60	12.1
淋溶褐土	8	377~659	504	90	17.92
褐土	75	413~676	523	106	20.28
潮土	19	366~810	544	128	23.57
栗褐土	17	356~632	449	58	12.96
栗钙土	8	222~441	360	57	15.88
全省	180	222~810	490	57	12.00

2.2 土壤氟含量的地理分布特征

土壤中氟含量分布与土壤其他特性一样有其地理分布规律性, 为探索山西土壤氟含量的基本特征, 本文以省内大的地貌类型为基本统计单元, 将全省从北到南分成 13 个地貌区域进行研究, 各地貌区土壤氟含量见表 2。可见土壤中氟含量以运城盆地最高达 $582.32 \text{ mg kg}^{-1}$, 晋北构造山地丘陵区最低 $355.98 \text{ mg kg}^{-1}$, 中部由北向南排列的五个断陷盆地土壤氟含量呈逐渐增高的变化趋势, 即大同盆地 ($462.75 \text{ mg kg}^{-1}$) < 忻定盆地 ($486.41 \text{ mg kg}^{-1}$) < 太原盆地 ($519.73 \text{ mg kg}^{-1}$) < 临汾盆地 (566.7 mg kg^{-1}) < 运城盆地 ($582.72 \text{ mg kg}^{-1}$)。由西向东的四个地貌单元土壤氟含量也呈逐渐增高的变化规律。即晋西黄土丘陵区 ($468.99 \text{ mg kg}^{-1}$) < 晋西东部断裂山地 ($483.68 \text{ mg kg}^{-1}$) < 太原盆地

表2 不同地貌区土壤氟含量状况

序号	地貌区	样本数	氟含量 (mg kg^{-1})
1	阳高天镇盆地	11	488.4
2	晋北构造山丘区	6	355.98
3	大同盆地	21	462.75
4	晋东北部断块山地	10	428.99
5	晋东中部山地高原区	14	525.77
6	晋东南部山地高原区	17	509.23
7	长治盆地	11	506.15
8	忻定盆地	19	486.41
9	太原盆地	25	519.73
10	临汾盆地	13	566.7
11	运城盆地	11	582.72
12	晋西东部断裂山地	19	483.68
13	晋西黄土丘陵区	19	468.99

(519.73 mg kg⁻¹) < 晋东中部山地高原区 (525.77 mg kg⁻¹)。土壤氟含量地理分布总特征是东高西低、南高北低。

2.3 土壤氟含量影响因素分析

2.3.1 气候因素 气候是五大成土因素之一,不同气候因水热条件的差异直接影响母质风化程度和氟元素的释放、迁移、累积。为定量描述气候对土壤氟含量的影响,本文运用灰色关联方法进行分析,气候指标选择了最高气温(m_1)、降水量(m_2)、 $> 0^\circ\text{C}$ 的日数(m_3)、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温(m_4)和 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温(m_5)五项指标。经计算得到:各气候因子对土壤氟含量影响的关联度分别为: $Rm_1 = 0.785$, $Rm_2 = 0.755$, $Rm_3 = 0.767$, $Rm_4 = 0.771$, $Rm_5 = 0.779$ 。说明最高气温对土壤氟含量影响相对较大,其次为 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的积温,影响大小顺序为 $m_1 > m_5 > m_4 > m_3 > m_2$,可见年降水量的多少对土壤氟含量影响较小。这是由于含氟矿物以云母、角闪石、电气石、磷灰石、萤石等火成岩为主,该类矿物抗风化能力强,极端气温的影响大于降水量和有效风化日数等因子,另一方面研究区降水量变化幅度相对较小也是造成降水量对土壤氟含量影响小的原因,被选五个气候因子间影响程度的差异不大。

2.3.2 成土母质对土壤氟含量的影响 成土母质是土壤中物质的主要来源,对氟元素也不例外,不同母质发育的土壤其氟含量差别很大,这可从表3的数据清楚地看出。发育于花岗片麻岩母质的土壤氟含量最高,达 606.09 mg kg⁻¹,而黄土母质土壤氟含量最低为 450.95 mg kg⁻¹,两者相差 155.14 mg kg⁻¹,顺序为花片岩 > 石灰岩 > 冲积物 > 洪积物 > 黄土状物质 > 黄土,说明成土母质对土壤中氟含量的影响很大。

表3 不同母质土壤氟含量(mg kg⁻¹)

成土母质	马兰黄土	冲积物	黄土状物	洪积物	石灰岩	花片岩
土壤氟含量	450.95	528.68	460.67	483.79	551.98	606.09

2.3.3 土壤理化性状的影响 土壤理化性状对土壤中氟含量有一定影响,为定量研究土壤特性对氟含量的影响程度,选择土壤 pH,有机质含量和质地三个性状五个因子进行多元回归分析,五因子分别为 X_1 —有机质, X_2 —pH, X_3 —物理性粘粒含量(< 0.01 mm), X_4 — $0.01 \sim 0.001$ mm 粒级含量, X_5 —粘粒含量(< 0.001 mm),回归模型为:

$$F = 121.19 + 17.39X_1 + 35.48X_2 - 56.41X_3 + 60.73X_4 + 49.75X_5$$

其复相关系数为 0.932,达极显著水平,虽然土壤 pH、有机质和质地都对土壤氟含量有影响,但质地(机械组成)的作用大于土壤 pH 和有机质含量,其中受 $0.01 \sim 0.001$ mm 粒级的

表4 土壤氟含量模型估计值与实测值比较

采样点	土壤	实测值 (mg kg ⁻¹)	模型预测值 (mg kg ⁻¹)	相对误差 (%)
朔州	栗钙土	395.8	376.6	4.81
忻州	褐土	549.5	543.8	1.0
太谷	石灰性褐土	591.06	545.5	7.7
临汾	褐土	647.3	641.1	0.96
运城	潮土	676.4	665.1	1.67

影响最大。按该模型计算得到山西不同土壤氟含量预测值与实测值比较见表 4,利用回归模型计算得到土壤氟含量的预测值均小于相应点的实测值,但相对差异都不大,在 0.96%~7.7% 之间,多数点实测值与预测值间的差异小于 5%。说明可利用上述模型对土壤氟含量进行预测。

此外人类的生产活动对土壤氟含量的影响也十分明显,本研究所采 180 个土样,其中土壤氟含量在 600 mg kg^{-1} , 以上的 18 个样点,都集中分布在工业发达的大中城市近郊,磷肥厂、玻璃制品厂和金属冶炼企业附近的土壤,在同一区域污水灌区土壤氟含量普遍高于井水灌区。

参 考 文 献

1. 陈国阶. 环境中的氟. 北京: 科学出版社, 1990. 81~83
2. 张乃明. 山西农业土壤重金属含量分布特征及生态效应. 农业环境保护, 1994, 13(5): 217~220
3. Bolle H J, FuKai R. The Natural Environment and the Biogeochemical Cycles. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1982
4. 刘忠翰. 红壤氟保持容量研究. 土壤学报, 1988, 25(3): 236~242
5. 李西开主编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 42~54
6. 谢正苗. 环境中氟化物的迁移转化及其生态效应. 环境科学进展, 1999, 7(2): 40~43