

广东省土壤锌背景值空间变异分析

刘志军¹, 方元²

(1.中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2.黄冈师范学院数学计算机学院, 湖北 黄冈 438000)

摘要:在 GIS 支持下, 结合地统计学软件 Surfer 对广东省 261 个土壤剖面的锌环境背景值进行空间变异分析, 结果表明, 锌的分布异质性较强, 淋溶层、淀积层、母质层 3 层都显示出中等的空间相关性, 空间变异模式趋于一致; 背景浓度高的土壤样品通常位于断裂带、盆地和三角洲地区, 并与区域盆地的空间分布对应; 锌背景值从淋溶层到母质层呈明显的增长趋势。

关键词:土壤锌; 空间变异; 克里格插值; 广东省

中图分类号: X825

文献标识码: A

文章编号: 0439-8114(2013)01-0065-03

Spatial Variation and Vertical Distribution of Zn Environmental Background Values in the Soil of Guangdong Province

LIU Zhi-jun¹, FANG Yuan²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. College of Mathematics and Computer Science, Huanggang Normal University, Huanggang 438000, Hubei, China)

Abstract: Based on GIS with Geo-statistics analyst software (Surfer 8.0), a total of 261 soil profiles were used to investigate the vertical variation and spatial distribution of Zn environmental background values in Guangdong province. The distribution of Zn was heterogeneous. The spatial distribution of Zn presented similar patterns that the relatively high concentrations of Zn mainly located in fault, basin and delta areas, indicating that distribution of Zn in the soil was according with regional basin. Moreover, mean concentration of Zn had an increasing tendency from leached to mother material horizon.

Key words: spatial distribution; Kriging; soil Zn; Guangdong Province

背景值的概念起源于地球化学, 通常被理解成克拉克含量, 也被称为地球化学丰度, 背景值反映土壤环境的原有状况, 土壤锌背景值是指一定区域、一定时期未受现代工业明显干扰和污染的土壤中固有的锌元素含量水平^[1]。土壤锌背景值的研究, 对于研究土壤锌的迁移转化规律, 评价区域土壤环境质量, 进而制定环境治理计划具有重要意义。土壤背景值的研究是土壤环境科学中的一项基础工作, 该项工作对于判断土壤重金属元素污染程度和制定土壤环境质量标准具有重要意义。

“七五”期间, 广东省开展了大规模的土壤背景值基础调查, 积累了丰富的土壤背景值数据, 然而受到当时客观条件和技术的限制, 大量的基础数据并没有得到充分的应用与深入挖掘^[2], 尤其是没有

将土壤背景值作为具有空间结构的区域化变量来考虑其空间变异性。因此, 广东省土壤背景值空间结构与空间变异方面的信息并没有得到充分利用^[3]。本研究主要利用地统计学方法和空间分析技术, 揭示广东省土壤锌背景值的空间垂直变异和水平变异。

1 研究区概况与研究方法

1.1 区域概况

广东省地处北纬 20°13′-25°31′, 东经 109°39′-117°19′之间, 北回归线横贯全省, 全省陆地面积 17.81 万 km², 约占全国总面积的 1.86%。广东属于东亚季风区, 从北向南分别为中亚热带、南亚热带和热带气候区, 是全国光、热和水资源最丰富的地

收稿日期: 2012-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(40534019)

作者简介: 刘志军(1969-), 男, 江西泰和人, 博士, 从事 GIS 和环境科学相关研究, (电话)18664872873(电子信箱)634236944@qq.com;

通讯作者, 方元, 讲师, 博士, 从事 GIS 和景观生态学相关研究, (电话)15692413378(电子信箱)fanyuan009@sohu.com。

区之一,年平均气温为 18.0~23.2 °C,年平均降雨量 1 300~2 500 mm。地质构造较为复杂,成土母质包括花岗岩、砂页岩、石灰岩和玄武岩等;主要土壤类型有红壤、赤红壤、砖红壤、山地黄壤、红色石灰土和海(河)冲积土,土壤元素的空间异质性很强^[2]。

1.2 数据来源与研究方法

本研究所采用的原始数据来源于“七五”国家科技攻关课题,土壤背景值剖面总数为 261 个,如图 1 所示。土壤背景值数据采用全球定位系统(GPS)进行采样点重新匹配,在 ArcGIS 9.0 支持下,对属性数据进行核验、修改以及投影坐标转换(主要是为了与其他地质数据进行匹配)。

本研究主要的数据处理方法为常规统计分析和地统计学方法,样点数据统计分析采用 SPSS 软件,地统计学方法采用 Surfer 8.0 软件拟合半方差函数和进行克里格插值,相关的空间分析采用 ArcGIS 9.0 软件。半方差函数通常也被称为半变异函数,它是地统计学解释土壤特性空间变异结构的基础,反映土壤性质的不同距离观测值之间的变化,是空间插值成功的关键^[4,5]。半方差函数表示为如下形式:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

式中 $N(h)$ 是以 h 为间距的所有观测点的成对数目。某个特定方向的半方差函数图通常是由 $r(h)$ 对 h 作图而得。在通常情况下,半方差函数值都随着样点间距的增加而增大,并在一定的间距升大到一个基本稳定的常数。

土壤在空间上变异是连续的,但由于样品的半方差图是由一批间断点组成的,这就需要运用半方差函数的理论模型进行拟合^[6,7]。半方差函数的理论模型有多种,常用的有线性模型、指数模型、球形模型、高斯模型和立体模型等,本研究中对淋溶层(A)、淀积层(B)、母质层(C)3层土壤中锌元素进行

分析后,分别采用球形、指数和球形模型进行拟合。其中,淋溶层包括腐殖质层(A1)和物质的淋溶层(A2);淀积层是由 A 层下淋溶物质淀积而成;母质层位于淀积层之下,是未受淋溶和淀积作用,发育程度很低或未发育的岩石风化层。

2 结果与分析

2.1 锌元素统计特征

对广东省 261 个剖面中的土壤锌背景值进行统计分析发现,A 层土壤锌的浓度变异范围为 7.60~378.00 mg/kg,算术平均值(AM)和几何平均值(GM)分别为 49.75 和 39.70 mg/kg;B 层土壤锌的浓度变异范围为 4.14~423.00 mg/kg,算术平均值(AM)和几何平均值(GM)分别为 52.80 和 41.72 mg/kg;C 层土壤锌的浓度变异范围为 8.50~428.00 mg/kg,算术平均值(AM)和几何平均值(GM)分别为 57.55 和 43.27 mg/kg。土壤剖面中最高的土壤锌背景值(428.00 mg/kg)出现在 C 层,土壤锌元素数据符合对数分布特征,所以在克里格插值预处理时去掉少量异常值并进行了对数转换^[5]。

2.2 锌元素的空间分布和垂直变异分析

用球形模型和指数模型模拟变差曲线和克里格插值方法对采用对数转换的锌背景值在广东省范围内进行插值,由于 A、B、C 层的变异因为含量的接近空间变异趋于一致,在此仅展现 A 层土壤锌元素的变异函数模型和空间变异图(图 2)。结合表 1 和图 2 进行分析,整个研究区内锌的分布异质性较强,具有不规则波动的特性。锌含量的分布规律较为简单,但连续性不好。珠江口两岸的锌背景值最高,以此为中心广东省其他地区依次降低。珠江三角洲盆地区域的土壤锌背景值明显高于其他区域,受构造的影响十分明显。研究区成土母质比较复杂,由于锌的高值区出现在城市经济更为发达的珠江口两岸,由于受城市高度发展的限制,样点布设并不是十分均匀,并且可能受到外源的影响。同样受这些因素的影响,土壤锌含量的空间分布在部分区域而言斑块相对比较琐碎。

锌在广东省的分布异质性较强,A、B、C 3 层都显示出中等的空间相关性。空间变异的主方向为 W-E 方向,为由内陆到沿海的方向,锌背景值在 110~117 km 这个尺度上存在相关性(表 1),而大于这个尺度变异程度趋于稳定,反映了该元素在广东省范围内大尺度上存在含量差异。研究区锌含量最高的石灰土比含量最低的砖红壤高 8 倍,而砖红壤占广东省 43% 的面积,且与其他含量高的土壤呈带状分布,因此形成了变程较大的变异函数。

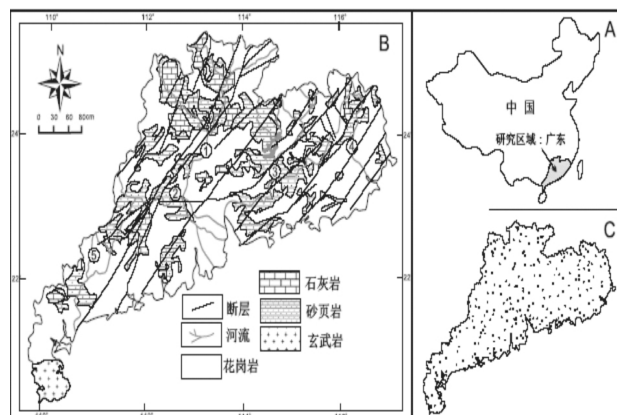


图 1 广东省地质构造及土壤锌背景值调查样点分布图

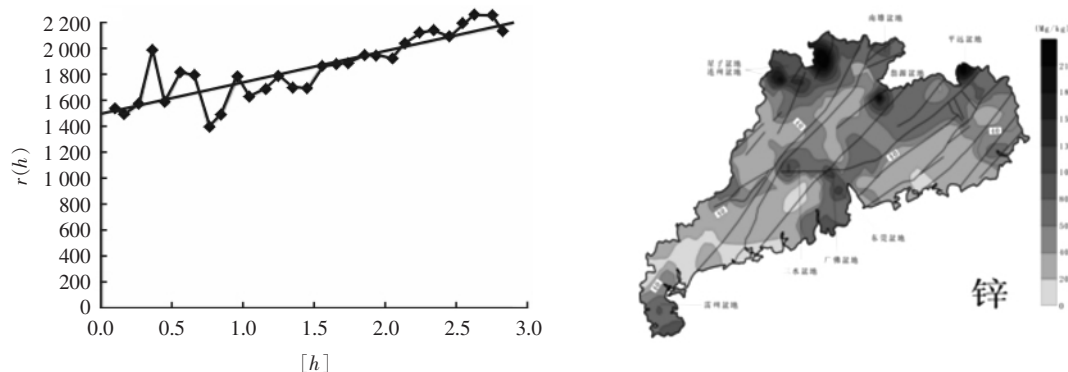


图 2 广东省 A 层土壤锌元素变差函数模型和空间分布图

表 1 广东省土壤各剖面层锌元素变异函数拟合结果

层次	模型	C_0	C_0+C	范围//km	$C_0/(C_0+C)//\%$
A	球形	0.077	0.106	115.15	72.64
B	指数	0.067	0.096	116.74	69.79
C	球形	0.067	0.089	110.51	75.28

在 ArcGIS 支持下,将广东省地质构造图与克里格插值获取的研究区 A 层土壤锌空间变异图进行叠加分析(图 2),其结果表明,广东省 A 层土壤锌元素的空间分布特征与区域地质构造背景关系密切。从图 2 中可以看出,在自然背景下,锌元素浓度高的土壤通常位于断裂带、盆地和三角洲地区。锌浓度高的土壤样品沿广东省内的构造断裂分布,盆地和三角洲地区土壤中锌元素的几何平均浓度值(GM)为普通地区土壤锌浓度的 2 倍;低背景值的土壤往往位于无明显构造特征的普通地区。

A 层土壤反映了大气圈、岩石圈和生物圈的相互作用,B 层通常用于研究土壤的成土过程,而 C 层表示样点的岩石圈成分,即地质背景值^[5]。研究区内 261 个剖面从 A 层到 C 层土壤锌浓度的平均值分别为 49.75、52.80 和 57.56 mg/kg,呈缓慢增长趋势。A、B、C 3 层锌元素等值线插值图和变差函数展现了相似的空间分布特征,表明广东省土壤锌的空间分布更多决定于研究区母岩的特性,也证明外源锌的输入在研究尺度上并非一个重要的影响因素。土壤剖面中由 A 层到 C 层锌浓度表现增长的趋势,A 层土壤的有机质含量相对而言较低(平均值为 2.75%),不具备天然的生物地球化学屏障作用,砂页岩和石灰岩区通常被研究区断裂所切割,从而为

土壤锌元素向下富集提供迁移通道^[7,8]。

3 结论

地统计学分析显示,锌在广东省的分布异质性较强,A、B、C 3 层都显示出中等的空间相关性,空间变异模式趋于一致,研究区内土壤锌背景值在 110~117 km 这个尺度上存在相关性,而大于这个尺度变异程度趋于稳定,且各层总体空间变异趋于一致。与广东省地质构造图进行叠加分析可以看出,锌元素浓度高的土壤通常位于断裂带、盆地和三角洲地区,从 A 层到 C 层土壤锌浓度呈明显的增长趋势。

参考文献:

- [1] 王云,魏复盛.土壤环境元素化学[M].北京:中国环境科学出版社,1995.47-252.
- [2] 许炼峰,刘腾辉.广东土壤环境背景值和临界含量的地带性分异[J].华南农业大学学报,1996,17(4):58-62.
- [3] 李亮亮,依艳丽,凌国鑫,等.地统计学在土壤空间变异研究中的应用[J].土壤通报,2005(2):265-268.
- [4] 中国环境监测站.《“七五”国家重点科技攻关项目全国土壤背景值》研究参考资料(一)~(三)[Z].1988.
- [5] 徐尚平,陶澍,曹军,等.内蒙古地区 A、C 层土壤中金属元素含量比值的影响因素及其空间结构分析[J].土壤通报,2001,32(5):230-234.
- [6] 王学军,邓宝山,张泽浦.北京东郊污灌区表层土壤微量元素的小尺度空间结构特征[J].环境科学学报,1997,17(4):412-416.
- [7] BAKHSH A, JAYNES D B, COLVIN T S, et al. Spatio-temporal analysis of yield variability for a corn-soybean field in Iowa[J]. Transactions of the ASAE,2000,43(1):31-38.
- [8] 方元,吴志峰,杨春林.广东省土壤铜环境背景值空间变异研究[J].土壤通报,2008,39(3):647-651.

(责任编辑 龚艳)