

河北麻山药种植区土壤微量元素空间变异研究

姜 北, 未 红 红, 王 森, 张 毅 功

(河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001)

摘 要:运用地统计学方法及 ArcGIS 软件对河北省麻山药种植主产区表层土壤(0~20 cm)中铜、锌、硼、钼 4 种微量元素的空间变异特征进行了研究,并利用 SPSS 软件分析了 4 种元素之间的相关性。结果表明:4 种元素间均呈极显著正相关关系,但不同元素间的相关程度不同。4 种元素之间的相关性除了与土壤自身性质、水文地质有关外,还与元素的金属性相关;用 Kriging 插值对 4 种元素进行最优估计,通过统计特征值可以发现,土壤中 4 种微量元素的分布均不成正态分布,其土壤中的含量受到外界人为因素的影响;4 种微量元素主要集中在高阳、蠡县 2 县交汇处,而且沿河道逐次递减分布。侧面反映了 2 个县土壤的成土过程。

关键词:微量元素;空间变异;地统计学;麻山药;GIS

中图分类号:S 158 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)13-0188-04

随着社会生活水平的不断提高,人们的饮食结构也在日趋完善,微量元素对人体健康的重要性也越发显得重要。微量元素摄入的多少都会不同程度引起人体生理异常或疾病。所谓微量元素,是指需求量极少,但又是生命活动所必需的元素。但是,在农业生产过程中,人们往往为了追求经济利益,不加节制的施用化肥,盲目追求作物高产,破坏了土地微量元素的平衡。微量元素被称为植物生长的“维生素”^[1],一旦这种平衡被打破,作物的生长必然会受到影响。所以,对微量元素的研究不论在国外还是国内都已引起高度重视。

微量元素通常情况下必须直接或间接由土壤供给,土壤母质以及人类活动的影响共同制约着土壤中微量元素的空间变异规律。国内对土壤微量元素的研究已有较多的报道,陈海生等^[2]对河南襄城植烟区土壤中量营养元素含量的空间异质性进行了研究;李广等^[3]对辽西乡镇域耕地土壤中微量元素的空间变异性进行了研究;张晓霞等^[4]对黄土高原林地土壤微量元素的分布和迁移特征进行了研究。

20 世纪 70~80 年代以来,土壤特性的空间变异及其它农田特征变异定量化研究一直是人们关注的热点^[5];Russo 等^[6]主要对土壤物理性质、土壤盐分的变化

等进行了研究,而对于土壤中微量元素的空间变异性的研究相对较少。现以河北省麻山药主产区的高阳、蠡县 2 个县为研究对象,在研究区域内采用平方公里网格法均匀取样,测定土壤中 B、Cu、Zn、Mo 4 种微量元素的含量,用 SPSS 软件分析各微量元素间的显著性及相关性,并结合地统计学,探究这几种微量元素的空间分布及迁移规律,以期揭示产区生态环境的土壤背景,规划优势种植面积,提高果品的品质,为农民增收献计献策。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究区位于太行山北部东麓,冀中平原西部。北纬 38°10'~40°00',东经 113°40'~116°20',属于华北平原腹地,太行山地区。地貌为冲积扇平原,土壤质地主要为砂土或砂壤质粘土,年均降水量在 500~550 mm 之间,平均气温为 12~13℃,年日照时数为 2 600~2 700 h。区内水系丰富,滹沱河、潞龙河等河道穿境而过,是小麦、玉米、棉花等作物的主产区,境内种植麻山药历史丰富。

1.2 试验材料

综合考虑高阳、蠡县 2 县的土壤种类、土体构型分布情况及 2 县的地形地貌,水文地质、土地利用方式等条件因素,采用综合分析、GPS 定位的方式,利用平方公里网格法在研究区内均匀分布取样。土样深度为 0~20 cm,2 县共采集样品 288 个。土样预处理采用在阴凉处自然风干方式,取出杂质,过 100 目尼龙筛,密封。采样点分布见图 1。

1.3 项目测定

土壤全量铜、全量锌、全量铁、交换性镁含量均采用

第一作者简介:姜北(1987-),男,河北保定人,硕士研究生,研究方向为土壤质量。E-mail:jiangbei187@163.com.

责任作者:张毅功(1963-),男,河北保定人,博士,教授,博士生导师,现主要从事土壤利用与改良及新型肥料研制和藤本植物利用等研究工作。E-mail:zhangyg63@hebau.edu.cn.

基金项目:国土资源部农业地质调查资助项目(200040007-3-5)。

收稿日期:2013-03-07

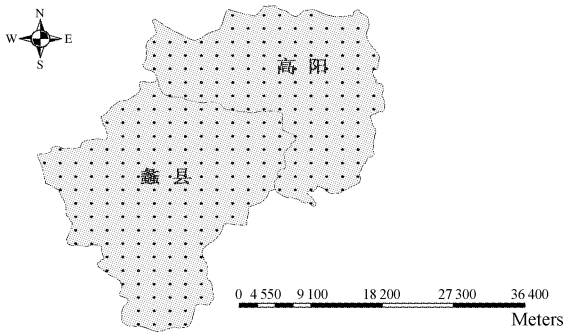


图1 土壤采样点分布

Fig.1 The distribution of soil sample sit

原子吸收分光光度法测定;所有样品均由国土资源部保
定矿产资源监督检测中心测试。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 软件与 ArcGIS 软件相结合的方法进行分析。ArcGIS 是地统计学中分析土壤元素空间变异特征常用软件,可以方便快捷的拟合半方差图以及 Kriging 插值。半方差图是利用变异函数研究土壤特性空间变异所产生的一个空间变异模型,是地统计学解释土壤特性空间变异结构的基础^[7],揭示样本变异程度以及个样本之间的偏离关系。而 Kriging 分析则是利用半方差模型进行测定点之间最优内插的一种方法^[7]。将各采样点的位置及其数据导入 ArcGIS 中,以获得样点分布的空间数据库,通过关键字段与分析数据之间实现连接,作为 Kriging 插值的源属性数据,运用 Cross-Validation 交叉验证选择合适的 Kriging 插值模型进行验证和对各参数进行修正,以得到各元素最合理的分布图^[8]

2 结果与分析

2.1 研究区土壤中 4 种微量元素间的相关关系分析

由表 1 可以看出,4 种微量元素之间均呈极显著正

表 2 土壤中有效态微量元素含量的描述性统计

Table 2 Descriptive analysis of microelement content in soil

微量元素	最大值 /mg·kg ⁻¹	最小值 /mg·kg ⁻¹	平均值 /mg·kg ⁻¹	标准差 /mg·kg ⁻¹	变异系数	偏度系数	峰度系数	分布类型
钼(Mo)	0.94	0.42	0.601	0.102	16.9	0.696	0.429	非正态分布
铜(Cu)	52.8	18.8	29.02	5.194	17.9	1.091	1.721	非正态分布
锌(Zn)	113.4	60.9	78.57	9.302	11.9	1.143	1.956	非正态分布
硼(B)	68.4	29.2	46.62	7.771	16.7	0.204	-0.271	非正态分布

表 3 常规测定方法的土壤微量元素含量丰缺指标

Table 3 Trace element contents of soil fertility index

determined by conventional method					mg/kg
微量元素	很低	缺	中	高	极高
硼(B)	<0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	>2.0
铜(Cu)	<0.1	0.1~0.2	0.2~1.0	1.0~2.0	>2.0
锌(Zn)	<0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	>4.0
钼(Mo)	<0.10	0.10~0.15	0.15~0.20	0.20~0.30	>0.30

相关关系。铜与锌相关性最好,相关系数达到 0.878,钼与铜、锌相关性较好,相关系数分别为 0.751、0.753。而作为非金属元素的硼与金属元素钼、铜、锌之间相关性则较低,相关系数分别为 0.366、0.389、0.385。由此可以看出,该研究区内 4 种微量元素之间的相关性不仅受到当地土壤母质、气候和植被类型的影响,还会受到其金属属性的影响。

表 1 土壤微量元素含量相关系数矩阵

Table 1 Correlation coefficient matrix of soil trace element content

微量元素	Mo	Cu	Zn	B
钼(Mo)	1			
铜(Cu)	0.751 **	1		
锌(Zn)	0.753 **	0.878 **	1	
硼(B)	0.366 **	0.389 **	0.385 **	1

注:**表示显著性水平为 0.01。

2.2 研究区土壤中微量元素描述性统计

由表 2 数据偏度和峰度的分析可以看出,研究区内的 4 种微量元素均不呈正态分布。说明外界因素对土壤表层微量元素的空间分布影响较大。通过对比土壤微量元素丰缺标准(表 3)与各元素的平均值,可以发现,研究区土壤中的 4 种微量元素含量丰富,均属于极高范畴,由于高阳蠡县主要属于粮食作物种植区,当地百姓对微量元素的施用并不频繁,因此推断,土壤中含量丰富的微量元素主要是由于成土母质、土壤类型、土壤物化性状、水分动态等原因共同影响。各元素最大值、最小值差异较明显。其中尤以铜元素差异最为显著。4 种元素的变异系数范围集中在 11.9~17.9,属于中等变异强度,其中锌元素变异系数最小,为 11.9,说明锌含量在研究区内变化不大,受环境因素影响较小。铜元素变异系数最大,为 17.9,说明土壤中铜元素含量差异较大,可能与研究区土壤 pH 值、母质、地形地貌及人为因素有关。

2.3 土壤微量元素统计特征和正态分布检验

地统计学分析要求所分析的数据呈正态分布。特异值的存在会导致插值连续表面中断,从而掩盖变量的空间结构特征,使插值结果偏离实际值,将严重影响 Kriging 插值结果^[9],所以在进行插值前应进行异常值检验。由于均值和标准差的耐抗性极小,由此判断的异常值个数不会多于总数的 0.7%,用于非正态分布数据中

判断异常值,有效性十分有限。箱形图的绘制依靠实际数据,不需要事先假定数据服从特定的分布形式,也没有对数据作任何限制性要求,它只是真实直观地表现数据形状的本来面貌,另一方面,箱形图判断异常值的标准以四分位数和四分位距为基础,四分位数具有一定的耐抗性,多达 25% 的数据可以变得任意远而不会极大地扰动四分位数,所以异常值不能对这个标准施加影响,箱形图识别异常值的结果比较客观。因此,这里选择用箱线图来检验异常值,检验结果见表 4。

表 4 微量元素箱线图特异值检验

Table 4 Specific value test of trace elements

微量元素	第 1 四分位数	中位数	第 3 四分位数	下须线	上须线	须线外个数
硼(B)	41.4	46.3	51.1	29.2	65.65	4
铜(Cu)	25.4	27.8	31.5	18.8	40.65	8
锌(Zn)	71.9	77.1	83	60.9	99.65	9
钼(Mo)	0.53	0.59	0.66	0.42	0.86	5

2.4 重金属空间变异特征

通过箱线图剔除异常值后,运用地统计学方法分析研究区微量元素的空间变异特征,选取最优半方差指数模型,得到各种模型拟合的各项参数值。由表 5 可以看出,铜元素符合球状模型,锌、硼、钼符合高斯模型。块金值反映的是最小抽样尺度以下变量的变异性及测量误差。4 种微量元素由试验或采样误差引起的变异大小依次为:钼>硼>锌>铜;基台值表示的是变量的最大变异程度,从表 5 可以看出,硼的变异程度最大,锌的变异程度最小;块金效应反映系统变量的空间相关性程度,如果比值小于 25%,说明系统具有强烈的空间相关性,比值在 25%~75%之间,表明系统具有中等的空间相关性,而比值大于 75%说明系统空间相关性很弱^[9]。铜元素块金效应为 22.37%,具有强烈的空间相关性,钼元素的块金效应为 82.34%,说明空间相关性很弱,而其它 2 种元素属于中等空间相关性。变程表示随机变量在空间上的自相关性尺度^[10],反映了变量空间自相关范围的大小。4 种微量元素的变程大小依次为:硼>钼>锌>铜。

表 5 土壤微量元素统计特征值

Table 5 Statistical characteristic value of soil trace element

微量元素	指数模型	块金值	基台值	块金效应%	长轴变程	短轴变程
铜(Cu)	球状模型	0.0039191	0.017516	22.37	12 917.3	7 596.28
锌(Zn)	高斯模型	0.0061707	0.010208	60.45	12 938.9	6 800.03
硼(B)	高斯模型	0.017882	0.024731	72.31	22 435.5	10 263.7
钼(Mo)	高斯模型	0.019439	0.023608	82.34	17 164.4	11 795.4

对 4 种微量元素进行 Kriging 插值,得到的含量空间分布结果见图 2。从图 2 可以看出,铜、锌 2 种微量元素的斑块形状基本相同,主要分布在蠡县的东北,高阳的中部,集中在河流两岸。蠡县的荣家营、东郭丹,高阳的博士庄、岳家佐等地的铜、锌的含量最高;硼元素主要分布在蠡县的背部,高阳的北部及东南方向,其中以蠡

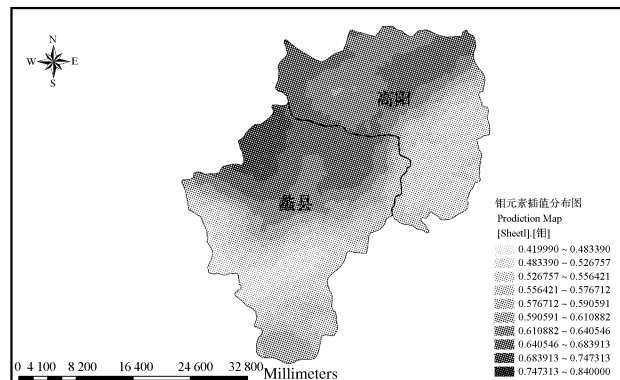
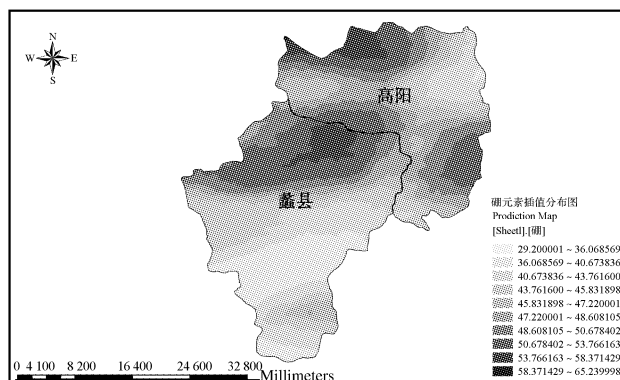
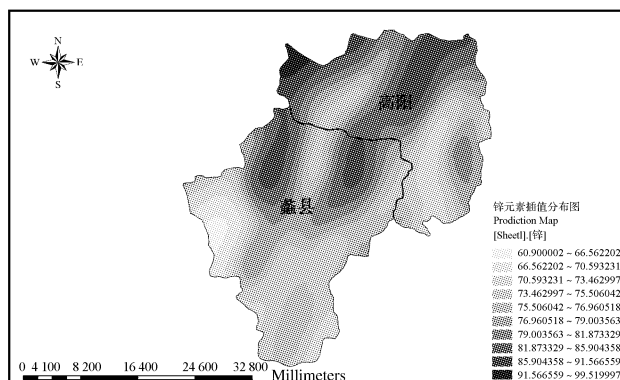
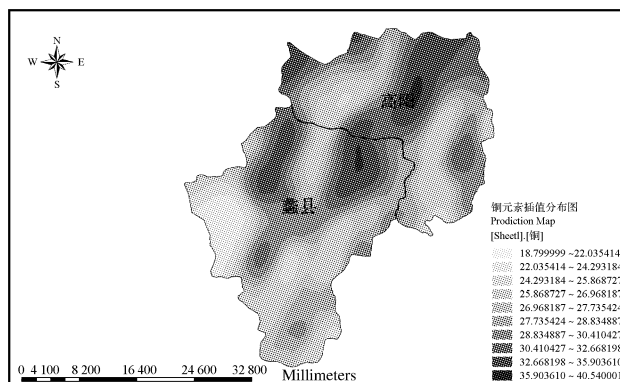


图 2 微量元素空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of trace element

县的北郭丹、北辛庄,高阳的南蒲口、高家庄等地含量最高;钼元素的含量较均匀,形成的斑块面积大,主要集中在高阳蠡县的北部,蠡县的桑园,高阳的北尖窝、北佛堂等地含量最高。整体来看,4 种微量元素主要分布在 2

个县的交界处,由于当地的麻山药及粮食作物的种植,长期施肥的结果,使得土壤中的微量元素含量丰富。另外,沿河流两岸的微量元素含量也明显高于其它地域,造成这种现象的原因是研究区地质主要是河流冲击平原,大量的矿物质元素在河流两岸累积。

3 结论

该试验结果表明,4种微量元素之间均呈极显著的正相关关系。铜与锌相关性最好,而作为非金属元素的硼与金属元素钼、铜、锌之间相关性则较低。因此可以得出结论,该研究区内4种微量元素之间的相关性不仅受到当地土壤母质、气候和植被类型的影响,还受到其金属性的影响。

4种元素在研究区内均不呈正态分布,通过变异系数可以发现属于中等变异强度,说明4种元素除了土壤本身的水文地质、土体构型、理化性质意外,还受到其它外界因素的影响。由于高阳、蠡县2县在农耕过程中长期的施用化肥,对土壤中微量元素的积累造成了一定的影响。

从地统计学的角度分析4种微量元素的分布情况,发现块金效应反映的元素空间相关性趋势与变异系数的趋势相吻合,再次印证了研究区内4种元素的分布受到了外界因素的影响,但铜元素的块金效应为22.37%,具有强烈的空间相关性,受外界因素影响小,说明农民在耕种过程中农药或化肥中的铜含量较少。

通过Kriging插值图可以发现,4种微量元素主要分布在2县的交界处及河流两岸。由于当地的麻山药

及粮食作物的种植,长期施肥的结果,使得土壤中的微量元素含量丰富。另外,造成这种现象的原因也是因为研究区地质主要是河流冲击平原,大量的矿物质元素在河流两岸累积。对照土壤微量元素含量丰缺指标表可以发现,研究区土壤中的4种微量元素含量均属于极高范畴,说明土壤质量良好,适宜耕种。

参考文献

- [1] 吴镇麟. 上海土壤中微量元素的含量与分布研究[J]. 土壤学报, 1982, 19(2): 173-181.
- [2] 陈海生, 刘大双, 刘国顺. 河南襄城植烟区土壤中微量元素含量的空间异质性[J]. 土壤通报, 2010, 41(3): 582-588.
- [3] 李广, 王振营, 刘作新, 等. 辽西乡镇域耕地土壤中微量元素的空间变异性分析[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 372-377.
- [4] 张晓霞, 李占斌, 李鹏, 等. 黄土高原林地土壤微量元素分布和迁移特征[J]. 应用基础与工程科学学报, 2011(19): 161-168.
- [5] Hillel D. Research in soil physics: a review [J]. Soil Science, 1991, 151: 30-34.
- [6] Russo D. A geostatistical approach to solute transport in heterogeneous fields and its applications to salinity management [J]. Water Resource Res, 1984, 20(9): 1260-1270.
- [7] 李阔, 王元杰, 刘会玲, 等. 河北献县表层土壤全氟空间变异性特征分析[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 726-729.
- [8] 赵月, 周冀衡, 陈习羽, 等. 云南陆良烟叶与土壤微量元素的空间分布特征及主要影响因素[J]. 湖南农业大学学报, 2012, 38(3): 235-240.
- [9] 朱建宁, 崔江慧, 文宏达, 等. 泊头市重金属元素空间变异规律研究[J]. 北方园艺, 2011(2): 171-175.
- [10] 许自成, 王瑶林, 肖汉乾. 湖南烟区烤烟锌含量与土壤有效锌的分布特点及关系分析[J]. 生态环境, 2007, 16(1): 180-185.

Study on the Spatial Variability Law of the Trace Elements of the Hemp Yam in Main Producing Areas of Hebei

JIANG Bei, WEI Hong-hong, WANG Sen, ZHANG Yi-gong

(College of Resource and Environmental Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: The spatial variability character of trace elements-Cu, Zn, B, Mo-in the surface soil(0~20 cm) of main producing areas of the hemp yam of Hebei province were analyzed by the Geostatistics method combine the ArcGIS software. The correlation between four kinds of elements were analyzed by SPSS software. The results indicated that four kinds of trace elements showed significantly positive correlation, but the degree of correlation between any two of the four trace elements was different. The correlation between the four elements had relationship with the metallic besides the soil nature and hydrogeological. Using the Kriging interpolation to make a optimal estimation of the four elements, it could found that the distribution of four trace elements in the soil were not normally distributed. The content of the four elements in the soil had been influenced by human. The four trace elements were mainly concentrated in the counties junction, and the content gradually decreases along the river channel. It's illustrated on the other hand reflected the formation process of the soil.

Key words: trace elements; spatial variability; geostatistics; hemp yam; GIS