

不同土壤类型有效微量元素的空间特征

——以张掖市临泽县为例

刘强¹, 杨东²

(1. 天水师范学院 资源与环境工程学院, 甘肃 天水 741001; 2. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要:以临泽县土壤(0—20 cm)中有效 Mn, Zn, Fe, Cu, B 微量元素为研究对象, 运用 GIS 和地统计学相结合的方法研究了不同土壤类型有效微量元素的空间分布特征, 绘制了空间分布图, 最后根据甘肃省耕层土壤养分分级标准对临泽县有效土壤微量元素进行综合评价。结果表明: 盐渍土、灰棕漠土、流动风沙土普遍缺有效微量元素, 泥炭沼泽土、灌耕厚立土、草甸盐土中的有效微量元素含量相对较高; 临泽县土壤中有有效微量元素含量整体上处于中等水平, 为了当地农业生产的需要, 可以提高微肥用量和改善微肥的施用措施来增加土壤中微量元素含量。

关键词:土壤类型; 全量微量元素; 有效微量元素; 临泽县

中图分类号: S151.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)06-0205-04

Study on the Contents of Available Trace Elements in Different Soils

—A case study in Linze area, Zhangye city

LIU Qiang¹, YANG Dong²

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Tianshui Normal University, Tianshui, Gansu 741000, China; 2. College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Mn, Zn, Fe, Cu, B in 0—20 cm soil were investigated In Linze County. We used the method of GIS and geostatistics to study the distribution characteristics of available trace elements in space in different types of soils, and make the spatial distribution map. Finally, according to the Gansu Provincial tillage layer soil nutrient grading standard, available trace elements of soil in Linze County were comprehensively evaluated. The results show that the saline soil, gray-brown desert soils, aeolian sandy soil are lack of available trace elements, contents of available trace elements in peat swamp soil, irrigation and cultivation soil and meadow soil are relatively high; the overall available contents of trace elements in soil in Linze county are at the high level. In order to meet the demands of the local agricultural production, the application measures and dosages of micronutrient fertilizer should be improved to increase the contents of trace elements in soils.

Keywords: soil type; total trace elements; available trace elements; Linze County

土壤中的微量元素是土壤的重要组成成分, 它的空间变化特征直接反映了土壤发育、成土及其演化过程。它能够明显提高农作物的产量和品质, 增强农作物抗旱、抗寒、抗病能力^[1-3]。影响土壤中微量元素有效含量的因子有很多, 包括土壤类型、微量元素全量、土壤 pH 值、有机质含量、土壤质地、土壤通透性等, 并且这些因素在不同的地区、不同的时段有不同的影响^[4-6]。土壤微量元素的有效性是土壤肥力的重要内容, 它的含量高低是制定科学、合理施肥方案的

依据^[7-9]。近年来, 人们对土壤中微量元素的地球化学特征研究予以了高度重视, 对土壤微量元素的空间特征研究越来越多, 特别是随着地统计学的发展, 在空间变异性方面的研究更加深入, 发现母质是影响土壤微量元素分布模式的主要因素之一^[10-12]; 用 GIS 和地统计相结合的方法研究发现微量元素的空间变异主要是由地形、气候的等非人为因素引起的^[13-14]。但先前对土壤中微量元素的研究多分布于湿润或半湿润地区, 对研究干旱地区的绿洲地区

土壤有效微量元素空间分布特征的文章较少,这不利于绿洲地区土地资源的合理开发和利用。因此本文以绿洲地区的临泽县为研究对象,通过应用地统计学和GIS相结合的方法,应用半变异函数定量,研究不同土壤类型有效微量元素的空间特征,根据甘肃省耕层土壤养分分级标准对临泽县有效土壤微量元素进行综合评价,以期对定量评价土壤微量元素肥力变化和充分发挥微量元素在农业生产中的作用,为实现绿洲农田微量元素在农田生态系统中的平衡而提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

林泽县位于甘肃省河西走廊中部,黑河中游,东经 $99^{\circ}51'$ — $100^{\circ}30'$ 、北纬 $38^{\circ}57'$ — $39^{\circ}42'$,是甘肃省张掖市所辖县之一。东邻甘州区,西接高台县,南依祁连山与肃南裕固族自治县接壤,北靠合黎山与内蒙古阿拉善右旗相连,总面积 $2\,727.29\text{ km}^2$ 。该区地处温带干旱荒漠气候区,地形平坦,属河西走廊平原的一部分,土层一般厚 $70\text{—}80\text{ cm}$,但保水保肥力差,土壤有机质含量低,结构松散,容易被暴雨冲蚀,并且土壤含沙量大,易受风蚀而沙化^[9]。

1.2 土壤样品采集及测定项目和方法

土壤样品的野外采集采用网格布点与野外调查相结合的方法,在研究区选取样点 106 个,样点取 $0\text{—}20\text{ cm}$ 的土壤表层,每一采样点周围选取 5 个点,以 5 个点的平均值为该样点的最终数据。同时使用 GPS 仪记录采样点地理坐标,以及采样土壤的基本信息,从而最终生成研究区的样点分布。随后将采集的样品分别装于采集袋中,带回实验室,分出杂物,风干,磨碎,过 1 mm 筛,分别装于广口瓶中对其进行测定。有效 Mn, Zn, Fe, Cu 用二乙三胺五乙酸 (DT-PA) 浸提,原子吸收分光光度计测定,土壤有效 B 的测定,采用的方法为甲亚胺法。

1.3 数据处理

土壤中有效微量元素的测定数据,通过应用 K-S 检验,检验数据是否符合正态分布规律,有效 Mn, Zn, Cu 元素含量是符合正态分布,有效 Fe, B 元素含量是不符合正态分布,这种不符合正态分布的情况在实际经常遇到,这种情况下用传统的半变异函数方法计算出的半变异函数值是有偏的,这是特异值造成数据有偏的主要原因^[3]。在具体处理数据时,通过运用 ArcGIS 9.2 软件的地统计学模块,获得土壤性质趋

势特征参数及异向性分布特征参数,完成对土壤微量元素空间分析。

1.4 统计方法

采用半方差函数对采集的样品进行分析,地统计学它是区域化变量理论为基础,以半方差函数为基本工具,研究那些在空间分布上既有随机性又有结构性,或空间相关和依赖性的自然现象,该函数可用下式表示^[12]:

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

式中: $r(h)$ 是半方差函数; h 为两样本间的分离距离; $z(x_i)$ 和 $z(x_i+h)$ 分别是随机变量在空间位置 x_i 和 x_i+h 上的取值, $N(h)$ 为在分离距离为 h 时的样本对总数。由 $r(h)$ 对 h 作图可作出半方差函数图,该图由一批散点组成,最后根据离差平方和 (RSS) 最小原则,对试验半方差函数进行拟合,最终得到半方差函数的理论模型。

2 结果与分析

2.1 描述性统计分析

选取最大值、最小值、平均值、标准差、偏度、峰度、变异系数 7 个指标进行描述性统计分析,其中变异系数的大小表示土壤特性空间变异程度,变异系数 $<10\%$ 时为弱变异性,变异系数 $>100\%$ 时为强变异性,位于二者之间是中等变异性^[15]。从表 1 可知,研究区域土壤中有效微量元素变异系数都较小,说明这些元素的分布存在一定的空间变异性,属于中等变异。

2.2 地统计学分析

将所有的样点数据经过数据检验后,用不同类型的模型进行半方差拟合,并选定了恰当的模型后进行 Kriging 插值,从而得到临泽县有效微量元素分布图。通过运用 c_0 与 c_0+c 比值的大小来判定系统内变量的空间相关性程度,用比值 $<25\%$, $25\% \sim 75\%$, $>75\%$ 分别表示变量的空间相关性较强、中等、较弱^[16]。用不同模型对有效 Zn, Cu, Fe, Mn, B 可分别拟合为指数模型、指数模型、球状模型、球状模型、球状模型,其 c_0 与 c_0+c 比值分别为 0.874 , 0.965 , 0.882 , 0.725 , 0.737 , 说明样点间的空间相关性较弱,变异更多的是由随机因素引起的。

2.3 空间分布格局

利用 ArcGIS 地统计模块进行 Kriging 插值计算后,得到研究区土壤有效态微量元素空间差值图。

表 1 有效微量元素含量的统计特征

项目	样本数	分布类型	最小值/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	最大值/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	均值/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	标准差/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	偏度	峰度	变异系数
有效 Zn	106	正态	0.220	0.449	0.359	0.337	0.138	-0.846	0.938
有效 Cu	106	正态	0.730	2.022	1.464	0.620	0.461	-0.850	0.423
有效 Fe	106	非正态	9.235	25.629	14.597	5.882	1.508	-0.180	0.397
有效 Mn	106	正态	8.198	11.999	9.855	1.239	1.096	1.296	0.402
有效 B	106	非正态	0.752	1.997	1.288	0.333	1.961	0.872	0.259

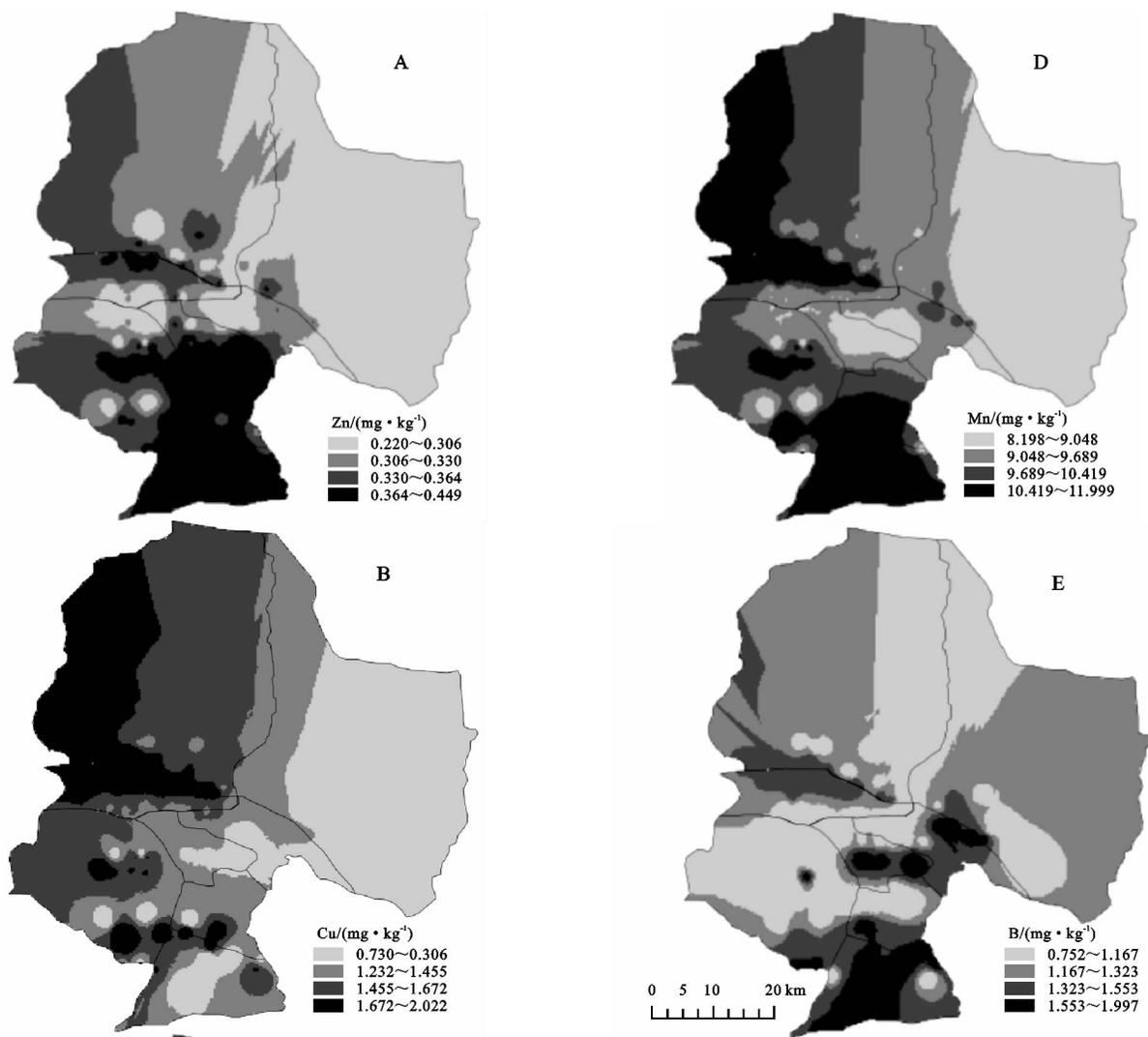


图 1 有效 Zn 元素空间分布

从图 1A 可以看出,有效 Zn 含量大致由南向北递减;含量在 $0.364 \sim 0.449 \text{ mg/kg}$ 的高值区土壤主要分布在临泽县南部,含量在 $0.220 \sim 0.306 \text{ mg/kg}$ 的低值区土壤主要分布在临泽县西北部。

从图 1B 可以看出,有效 Cu 含量大致由西向东递减;含量在 $1.672 \sim 2.022 \text{ mg/kg}$ 的高值区土壤主要分布在临泽县西北部,含量在 $0.730 \sim 1.232 \text{ mg/kg}$ 的低值区土壤主要分布在临泽县东部。

从图 1C 可以看出,有效 Fe 含量大致由西向东递减;含量在 $19.007 \sim 25.629 \text{ mg/kg}$ 的高值区土壤主要分布在临泽县西北部,含量在 $9.235 \sim 12.256 \text{ mg/kg}$ 的低值区土壤主要分布在临泽县东部。

从图 1D 可以看出,有效 Mn 含量大致由西向东递减;含量在 10.419~11.999 mg/kg 的高值区土壤主要分布在临泽县南部,含量在 8.198~9.048mg/kg 的低值区土壤主要分布在临泽县东部。

从图 1E 可以看出,有效 B 元素含量由北向南呈带状分布,大致由向南向东递减;含量在 1.553~1.997 mg/kg 的高值区土壤主要分布在临泽县南部,含量在 0.752~1.667 mg/kg 的低值区土壤主要分布在临泽县北部。

3 结果与分析

3.1 临泽县不同土壤类型的有效微量元素含量

根据 ArcGIS 地统计模块进行 Kriging 插值,得

到临泽县不同土壤类型有效态微量元素含量值(表 2)。从表 2 可以看出,不同土壤类型的有效微量元素含量有差异。其中盐渍土、灰棕漠土、流动风沙土普遍缺有效微量元素,泥炭沼泽土、灌耕厚立土、草甸盐土中的有效微量元素含量相对较高。

3.2 临泽县有效微量元素丰缺程度

根据甘肃省耕层土壤养分分级标准(表 3)^[17],临泽县有效微量元素丰缺程度如下:有效 Cu, Fe, Mn, B 平均含量处于二级水平,有效 Zn 平均含量处于四级水平。从总体来看临泽县土壤有效微量元素含量处于中等水平。

表 2 临泽县不同土壤类型有效态微量元素分布

土壤名称	有效 Zn/(mg·kg ⁻¹)	有效 Cu/(mg·kg ⁻¹)	有效 Fe/(mg·kg ⁻¹)	有效 Mn/(mg·kg ⁻¹)	有效 B/(mg·kg ⁻¹)
灌耕厚立土	0.364	2.022	25.629	10.41	1.997
灰棕漠土	0.306	1.672	19.007	9.68	0.752
草甸盐土	0.449	1.232	12.256	11.999	1.553
泥炭沼泽土	0.330	1.455	15.406	9.048	1.323
流动风沙土	0.306	1.1	11.117	8.427	1.167
盐渍土	0.220	0.730	9.235	8.198	0.954

表 3 甘肃省土壤养分(微量元素)分级标准

等级	有效 Zn/(mg·kg ⁻¹)	有效 Mn/(mg·kg ⁻¹)	有效 Fe/(mg·kg ⁻¹)	有效 Cu/(mg·kg ⁻¹)	有效 B/(mg·kg ⁻¹)
I(高)	>2.00	>15	>15.00	>2.00	>2.00
II(中等)	1.00~2.00	9.00~15.00	10.0~15.00	1.00~2.00	1.00~2.00
III(较低)	0.50~1.00	7.00~9.00	4.50~10.00	0.50~1.00	0.50~1.00
IV(低)	0.30~0.50	3.00~7.00	2.50~4.50	0.20~0.50	0.20~0.50
V(极低)	≤0.30	≤3.00	≤2.50	≤0.20	≤0.20

4 结论

根据临泽县不同土壤类型的区域性差异,应用地统计学分析方法进行了半方差函数的计算和最适模型的拟合,得出 5 种有效态微量元素最优理论模型,绘制了空间分布图,最后根据甘肃省耕层土壤养分分级标准对临泽县有效土壤微量元素进行综合评价。结果表明:盐渍土、灰棕漠土、流动风沙土普遍缺有效微量元素,泥炭沼泽土、灌耕厚立土、草甸盐土中的有效微量元素含量相对较高。从总体来看临泽县土壤有效微量元素含量处于中等水平,为了当地农业生产的需要,可以提高微肥用量和改善微肥的施用措施来增加土壤中微量元素含量。

参考文献:

- [1] 詹林庆,李伟,陈松柏,等.西南丘陵区水田土壤有效 Cu 和有效 Zn 含量的空间变异[J].西南农业学报,2013,26(1):250-254.
- [2] 朱静,黄标,孙维侠,等.农田土壤有效微量元素的时空

变化及其影响因素研究[J].南京大学学报:自然科学版,2007,43(1):1-12.

- [3] 史舟,李艳.地统计学在土壤学中的应用[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [4] 秦建成,罗云云,魏朝富,等.基于 ArcGIS 的彭水县烟区土壤有效微量元素丰缺评价[J].土壤学报,2006,43(6):892-897.
- [5] 杨玉玲,文启凯,田长彦,等.土壤空间变异研究现状及展望[J].干旱区研究,2001,18(2):50-55.
- [6] 刘永红,倪中应,谢国雄,等.浙西北丘陵区农田土壤微量元素空间变异特征及影响因子[J].植物营养与肥料学报,2016,22(6):1710-1718.
- [7] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等.县级区域粮田土壤养分的空间变异性[J].土壤通报,2002,33(3):188-193.
- [8] 马媛,师庆东,杨建军,等.干旱区典型流域土壤微量元素的空间变异特征研究[J].干旱区地理,2006,29(5):682-687.
- [9] 李广,侯扶江.临泽盐化草甸土壤理化性质的空间格局分析[J].草业学报,2003,12(2):46-53.

- (12):3645-3654.
- [8] 刘春腊,刘卫东,徐美. 基于生态价值当量的中国省域生态补偿额度研究[J]. 资源科学,2014,36(1):148-155.
- [9] 熊传合,杨德刚,张新焕,等. 新疆生态经济系统可持续发展空间格局[J]. 生态学报,2015,35(10):3428-3436.
- [10] 张荣天,焦华富. 泛长江三角洲地区经济发展与生态环境耦合协调关系分析[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(5):719-727.
- [11] 仲俊涛,米文宝,吴昕燕,等. 宁夏限制开发区县域生态经济位比较研究[J]. 水土保持研究,2014,21(2):234-245.
- [12] 梅艳,何蓓蓓,刘友兆. 江苏省生态足迹与经济增长关系的计量分析[J]. 自然资源学报,2009,24(3):476-482.
- [13] 李雪铭,李婉娜. 1990年代以来大连城市人居环境与经济协调发展定量分析[J]. 经济地理,2005,25(3):383-390.
- [14] 熊鹰,曾光明,董力三,等. 城市人居环境与经济协调发展不确定性定量评价:以长沙市为例[J]. 地理学报,2007,62(4):397-406.
- [15] 魏晓旭,赵军,魏伟,等. 基于县域单元的中国生态经济系统协调度及空间演化[J]. 地理科学进展,2014,33(11):1535-1545.
- [16] 吴建寨,李波,张新时. 生态系统服务价值变化在生态经济协调发展评价中的应用[J]. 应用生态学报,2007,18(11):2554-2558.
- [17] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [18] Wang Z B, Fang C L, Cheng S W. Evolution of coordination degree of eco-economic system and early-warning in the Yangtze River Delta[J]. Journal of Geographical Sciences, 2013,23(1):147-162.
- [19] Kijima M, Nishide K, Ohyama A. Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010,34(7):1187-1201.
- [20] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [21] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [22] Costanza R, D'Arge R, Groot RD, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997(387):253-260.
- [23] Costanza R, Groot R D, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014,26(1):152-158.
- [24] 李平星,陈雯,孙伟. 经济发达地区乡村地域多功能空间分异及影响因素:以江苏省为例[J]. 地理学报,2014,39(6):797-807.
- [25] 安瓦尔·买买提明,张小雷,塔世根·加帕尔. 基于模糊数学的新疆南疆地区城市化与生态环境的和谐度分析[J]. 经济地理,2010,30(2):214-219.
- [26] 陈永林,谢炳庚,钟业喜,等. 县域交通优势度与经济的空间关联[J]. 地域研究与开发,2014,33(5):21-26.

~~~~~

(上接第208页)

- [10] 杨绍聪,吕艳玲,杨庆华,等. 玉溪市耕作土壤有效微量元素含量状况[J]. 土壤,2001,33(2):102-105.
- [11] 魏孝荣,郝明德,邵明安. 黄土高原旱地长期种植作物对土壤微量元素形态和有效性的影响[J]. 生态学报,2005,25(12):3196-3203.
- [12] 王政权. 地质统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [13] 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,2005,36(2):265-268.
- [14] 王淑英,于同泉,王建立,等. 北京市平谷区土壤有效微量元素含量的空间变异特性初步研究[J]. 中国农业科学,2005,41(1):129-37.
- [15] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [16] 于洋,赵业婷,常庆瑞. 渭北台塬区耕地土壤速效养分时空变异特征[J]. 土壤学报,2015,52(6):1251-126.
- [17] 崔云玲,马忠明,杨君林,等. 甘肃省土壤养分丰缺状况及肥效研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(21):182-185.