

献县金丝小枣区土壤元素空间变异及与人体健康的关系

刘 宁, 张毅功, 贾 林, 王 飞, 王元杰, 李 阔

(河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001)

摘 要: 研究基于 ArcGIS 技术, 应用地统计学方法对献县金丝小枣产区土壤元素空间分布特征进行描述, 并探讨元素分布与人体健康的关系。结果表明: 全量钾、全量铁、全量锌、全量硒和全量镍的土壤样本均呈正态分布, 5 种元素均为中等变异强度, 且彼此间基本上都呈显著的相关性。地统计学的空间结构分析表明, 全量钾、全量锌和全量镍的空间相关性都比较强烈, 而全量铁和全量硒则呈现中等程度的空间相关性。等值线图显示, 各元素的分布与地形之间有一定程度的空间相关性。各元素在研究区土壤中的含量均处于安全水平, 可以根据元素在研究区的空间分布来参考规划金丝小枣的种植, 从而为人们提供比较安全有效的矿质元素摄入途径。

关键词: 金丝小枣; 元素; 空间变异; 人体健康

中图分类号: S 153.6; X 820.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2009)08—0277—05

土壤是人类赖以生存和发展的重要自然资源, 土壤中微量元素是土壤环境质量的重要指标之一。土壤中植物生长元素含量的高低, 对植物正常生长发育具有十分重要的意义^[1]。由于土壤并非一个均质体, 而是一个时空连续的变异体, 具有高度的空间异质性^[2]。土壤元素的空间分布特征是土壤母质成分和外源输入长期作用的结果, 了解其分布特征是进行养分平衡管理和土壤环境评价的重要前提^[3]。地质统计学是研究土壤元素空间分布规律最有效的工具之一^[4], 近年来, 有很多将地统计学方法成功应用于土壤环境科学研究领域的报道^[5-7]。以往的研究仅仅关注元素自身的空间变异特征, 很少考虑元素的空间变异性与人体健康的关系。在人们越来越关注人体健康的今天, 矿质元素与人体健康已成为现代生命科学的重要课题。现以河北省沧州献县金丝小枣产区为研究对象, 在 GIS 和地统计学方法的支撑下, 揭示该研究区几种土壤营养元素的空间变异规律, 为富含矿质元素的金丝小枣种植布局提供精确有效的数据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

献县地处河北省沧州地区黑龙港下游, 冀中平原腹

部, 总面积为 1 160.2 km²。以大地构造单元而论, 全县属于华北平原沉降区的东部, 沧县隆起和冀中凹陷两大构造单元内。从小的地质构造单元来说, 境内被 3 个小的构造单元分割: 中间为献县凸起, 位置沿滹沱河、滏阳河及子牙河两侧, 东部南部为埕城凹陷, 西部为河间凹陷, 凸起与凹陷呈断层接触。献县处于冲积扇平原与冲积平原交接地区总的地貌趋势是西南高、东北低。该区气候总特点是春旱、夏涝、秋节。冷暖干湿交替的对成土过程有重要影响。献县是以旱作农业为主的农业县, 土类主要有潮土和风积土。土地利用类型主要有耕地和园地。

1.2 土壤样品采集

在 1:5 万地形图上, 划分采样单元, 以偶数方里网格为大格单元(4 km²), 大格内按从左至右、自上而下的原则划分出 A、B、C、D 4 个 1 km² 的小格单元, 每小格布 1 个采样点。应使测区内所有的土壤类别、土壤类型都有样品控制, 采样点要布设在格内主要的成因类型分布区, 每一个采样大格内的样品均为同一种土壤类型, 并在布点时尽量分布均匀。也即在具体采样时要把握两个基本原则, 一要尽量靠近小格中心位置, 二要采取能代表本大格单元第四系土壤类型的样品。表层采样: 自地表向下 20 cm 连续采集样品, 在样点 50 m 范围内采集 3 处 0~20 cm 的土柱样品, 组合为 1 件样品, 原始重量约 2 kg。

1.3 样品分析方法

土壤样品均由河北省地质勘察院保定地矿中心测试。土壤全钾采用火焰光度法, 土壤全铁采用原子吸收光谱法, 土壤全锌采用 AAS 法, 土壤全硒采用土壤经硝酸-高氯酸消化、盐酸还原, 用原子荧光分光光度法测定

第一作者简介: 刘宁(1982-), 男, 河北省正定县人, 在读硕士, 研究方向为土地资源利用。E-mail: liuning821214@163.com。

通讯作者: 张毅功(1963-), 男, 辽宁省法库人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事植物营养和土壤方面的科研与教学工作。

基金项目: 国土资源部及农业厅河北省农业地质调查资助项目(200040007-3-5)。

收稿日期: 2009-03-25

全硒含量,土壤全镍采用原子吸收光谱法。

1.4 数据处理及分析方法

采用统计软件 SPSS 13.0 进行养分元素正态分布检验^[8],用 ArcGis 9.2 软件进行地统计学分析及元素等值线图的绘制。

2 结果与分析

2.1 土壤养分正态分布检验和统计特征分析

地统计学分析一般要求数据符合正态分布。该研究对研究区内表层土壤养分元素数据进行 P-P 正态概率分布检验,5 种营养元素的正态概率分布图如下,其中表层土壤中铁元素数据经过自然对数转换后进行正态分布检验,其他 4 种元素均是利用原始数据进行的正态分布检验,由图 1 可见,正态概率分布图均呈现一条从纵轴零点指向右上角的直线,表明 5 种元素表层数据均符合正态分布。



图 1 用于地统计学分析的土壤样点分布

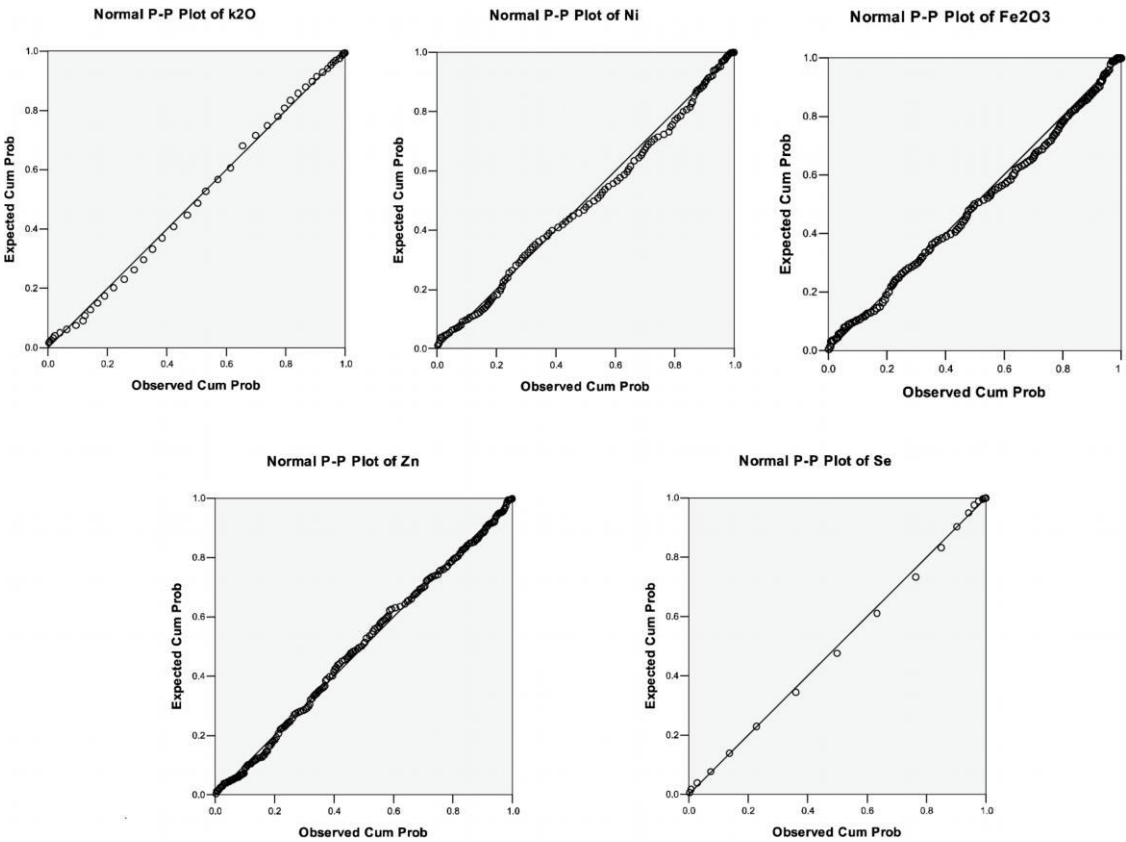


图 2 土壤元素的正态分布检验

表 1 土壤元素含量的统计特征

元素	样点 数	最大值 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	最小值 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	平均值 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	标准差	变异 系数
全量钾	295	2.66×10^4	2.19×10^4	2.4×10^4	0.10	0.04
全量铁	295	6.79×10^4	3.28×10^4	4.55×10^4	0.58	0.13
全量锌	295	100	50.4	73.37	8.76	0.12
全量硒	295	0.3	0.12	0.19	0.03	0.15
全量镍	295	44.7	20.7	29.82	4.00	0.13

锌元素处于土壤环境质量标准(GB15618-1995)中的一级水平,土壤质量基本保持自然背景水平。土壤镍元素表层含量主要处于一级和二级水平之间,部分土壤镍含量土壤质量基本保持自然背景水平,部分处于一般水平,土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。

从表 1 可以看出,在献县这个研究区内,5 种表层土

壤养分变异系数大小依次为 $Se > Ni > Fe_2O_3 > Zn > K_2O$ 。土壤表层铁、锌、硒和镍元素含量的变异系数均在 0.1~1.0 之间, 为中等变异水平, 说明它们既受成土因素的影响, 又受耕作施肥等管理因子的影响。而钾元素的变异系数最小, 为 0.04, 说明土壤表层全钾含量在该研究区内相对比较均匀。

2.2 土壤养分的相关性分析

通过对献县 5 种营养元素表层土壤数据的相关分析表明, 它们之间的相关系数如表 2 所示, 且其双尾检验的概率值均为零, 小于 1%, 即它们之间的相关程度都是显著的。

表 2 土壤元素间的相关矩阵					
元素	全量钾	全量铁	全量锌	全量硒	全量镍
全量钾	1				
全量铁	0.851 **	1			
全量锌	0.890 **	0.867 **	1		
全量硒	0.624 **	0.651 **	0.707 **	1	
全量镍	0.878 **	0.938 **	0.888 **	0.661 **	1

2.3 土壤养分的半方差函数分析

地统计学是基于区域化变量理论基础上的—种空间分析方法。而半方差函数是地统计学中研究区域化变量空间结构的主要工具^[9]。

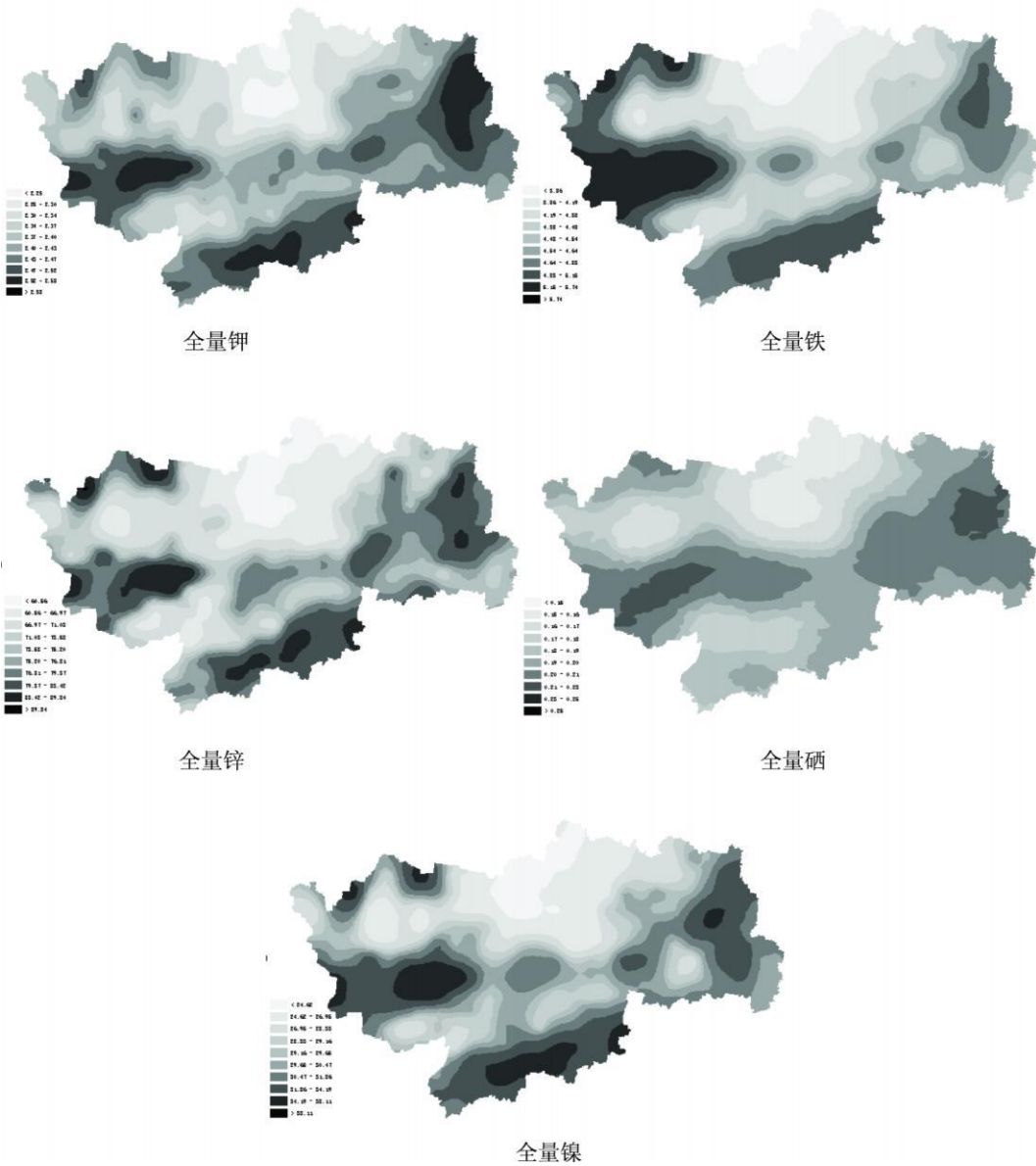


图 3 土壤元素的等值线

在用 Geostatistical Analysis 模块进行分析后, 得到各种模型拟合的各种参数值, 选取 Mean 最接近 0, Root-Mean-Square 和 Average standard Error 最小, Root-Mean-Square Standardized 最接近 1 的模型类型, 此模型即为最佳拟合模型, 应用半变异函数理论模型对 5 种土壤养分元素数据进行最优化拟合的结果发现最佳拟合模型均为指数模型。最后用交叉验证法 (Cross-validation) 来修正模型的参数^[10], 所得结果见表 3。

表 3 半方差函数理论模型参数及相关检验

土壤养分	理论模型	块金值	基台值	块金值 / 基台值 / %	变程 / m	均方根标准误差
全量钾	指数模型	0.0019	0.0109	17.09	18 136	1.001
全量铁	指数模型	0.1218	0.3834	31.78	26 235	0.911
全量锌	指数模型	9.4880	83.569	11.35	15 673	1.015
全量硒	指数模型	0.0006	0.0009	67.61	29 974	0.931
全量镍	指数模型	4.2303	17.320	24.42	16 450	0.927

一般来说, 土壤属性的空间相关性可由 $C0/(C0+C1)$ 比值的大小进行划分, 其值小于 25%、25% ~ 75%、大于 75% 可分别表示变量空间相关性的强烈、中等和较弱^[11]。由表 3 可知, 5 种养分元素中, 全量钾、全量锌和全量镍的空间相关性都比较强烈, 说明母质、地形和土壤类型等结构性因素是这 3 种全量养分空间变异的主要影响因素, 而全量锌和全量硒都表现为中等空间相关性, 说明 2 种土壤全量养分受管理措施和种植制度等人为活动引起的空间变异程度较高。另一方面, 土壤自身部分营养元素具有易移动特征, 容易流失和淋溶损失, 其随机变异就大; 相反, 对于相对稳定、不易被流失的营养元素, 其随机变异相对就小。

2.4 土壤养分的 Kriging 插值分析

Kriging 插值法是一种最优无偏线性估值方法, 通过生成插值图, 可直观地描述研究区域土壤属性的空间分布和变化特征^[11]。Kriging 插值生成的 5 种土壤养分等值线图见图 3。

由图 3 可见, 5 种土壤养分的等值线均表现出明显的斑块状分布特点, 全量锌、全量镍和全量钾的变程较小, 因而图斑小而分布较零碎; 全量硒和全量铁的变程相对较大, 图斑大而分布比较明显。

在研究区东部南部为埤城凹陷区和西部河间凹陷区, 研究区南部区域除全量硒含量不太高外, 其余 4 种全量养分元素的含量在献县属于高值区, 而在西部和东部 5 种养分元素的含量都很高, 可能与其地势比较低洼的地形部位有关。研究区中、上方区域 5 种养分元素含量较其他部位明显偏低, 可能与该区域处于献县凸起的地形位置和河流流经造成的养分流失有关。

3 元素的含量与人体健康分析

人不断从生存环境中获得生长、发育所需的物质和能量, 而人体与生存环境中的化学成分与含量基本处于

相对平衡状态。由于许多元素都在环境中富集, 并通过食物、水、空气经人体消化系统、呼吸系统蓄积在人体中, 改变其在人体中的含量, 因此会对人体免疫系统和生理功能产生很大影响, 甚至引起病变^[12]。

不同的元素在自然界的分布也存在着不均匀性。不少地方性疾病与所在地区的矿物元素尤其是微量元素的含量密切相关, 这是由于有些地区自然界中各种元素分布的不均匀性, 造成土壤、作物和水源中元素分布的不均匀性, 通过饮水、食粮等直接或间接的途径对人体产生各种影响^[13]。部分矿质元素在陆壳、土壤、植物体及人体中的含量见表 4。

表 4 中国土壤、陆壳及植物和人体中元素含量

元素	中国土壤 / 10^{-6}	陆壳 / 10^{-6}	植物 / 10^{-6}	人体 / 10^{-6}
K ₂ O	2.5×10^4	2.57	0.3×10^4	2.2×10^3
Fe ₂ O ₃	3.4×10^4	203×10^4	0.02×10^4	50
Zn	68	65	3	25
Ni	26	56	0.5	2.6×10^{-2}

注: 元素在中国土壤中的含量摘自邵明才等 1996; 土壤铁摘自魏复盛等 1991; 陆壳元素含量摘自 K. M. Wedepohl 1995; 陆壳铁摘自 Taylor 和 McClenan 1985; 植物和人体摘自 Russell 1973。

由于矿物元素在人体健康维持中起着非常重要的作用。尤其是微量元素与人体疾病有着很密切的关系, 而食物则是补充人体微量元素的最好办法。

而矿质元素在植物体中同样起到相当重要的作用。研究表明, 钾有利于蔗糖等物质的积累, 能提高糖含量作物产品的品质^[14], 土壤中 K 的充足供应可以明显提高作物的含糖量^[15], 钾对于金丝小枣来说无疑是一个很重要的矿质元素。邵世雄等研究表明铁与金丝小枣的品质有密切的关系^[16]。锌能促进果树生长素的合成, 从而促进果树枝叶和果实的生长^[14], 而且锌比铜、锰、钾、钙、镁更能影响植物对铁的吸收和向地上部运移^[17]。对于人体来说, 微量营养元素参与人体的新陈代谢过程, 是人体组织不可缺少的组成部分, 如铁、锌和镍; 必需元素含量比较固定, 缺乏时会发生组织上和生理上异常, 但摄取过量时也会有害^[18]。铁是人体血液中交换和输送氧所必需的元素, 在生物催化、呼吸链上传递电子等方面起着重要作用, 缺乏会导致贫血、免疫力下降等^[19], 现表明, 硒对人和动物有许多重要的生理功能, 但在毒性与营养作用之间仅有狭小范围, 缺乏和过多都会致病。世界上有 2/3 的地区, 中国有 72% 的县市不同程度缺硒, 人和动物的微量元素硒主要来源于食物链, 从食物链中获取硒营养是比较安全、可靠, 而且可行的途径, 硒从土壤向食物链迁移的状况直接影响着人和动物的摄硒水平, 对健康十分重要^[20]。人体硒含量过高或过低都会诱发疾病。而镍对人体正常生理功能的维持具有重要作用, 美国环境保护局 (USEPA) 确定的镍人体最大允许摄入量 RFD (Reference dose) 为每天 0.02 mg/kg

体重^[13]。由于矿质元素在人体健康中的重要地位,所以希望通过食物链的摄取方式对人体矿质元素的补充提供安全有效的途径,为金丝小枣生长提供元素背景数据资料。

4 结论

通过对献县土壤元素空间变异的研究及其与人体健康的联系,得出以下结论。

研究区 5 种土壤矿质元素中,土壤铁、锌、硒和镍元素为中等变异水平,说明它们除受成土因素的影响外,还受到耕作施肥等管理因子的影响。

通过对献县 5 种营养元素表层土壤数据的相关分析表明:它们之间都呈极显著的正相关关系。

等值线图显示,所有土壤属性值均为明显的斑块状分布特点。各土壤属性的图斑分布格局彼此间具有一定程度的空间相似性,并与地形状况均有一定的对应性。献县凸起的地形部位土壤元素含量均较低;而在东部南部的埕城凹陷区和西部河间凹陷区土壤元素含量均较高。

由于大部分土壤养分存在空间变异结构,用普通克立格法绘制元素等级图,从插值图可方便地了解土壤养分的空间分布,从元素含量的斑块的大小、形状及空间分布等特点可以判断研究区内矿质元素流动趋势,从而为金丝小枣生长提供元素背景数据资料。

参考文献

[1] 王忠. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 80-88.
[2] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 177-178.
[3] 张泽浦, 王学军. 土壤微量元素含量空间分布的条件模拟 [J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 423-429.

[4] Z. Plant Physiology (In Chinese) [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000: 80-89.
[5] 朱益玲, 刘洪斌, 江希流. 江津市紫色土中 N、P 养分元素区域空间变异性研究 [J]. 环境科学, 2004, 25(1): 138-143.
[6] 廖桂堂, 李廷轩, 王永东, 等. 不同尺度下低山茶园土壤主要微量元素的空间变异性 [J]. 土壤, 2008, 40(2): 257-263.
[7] 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.
[8] 王苏斌, 郑海涛, 邵谦谦, 等. SPSS 统计分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 107-108.
[9] Isaaks E H, Srivastava R M. Applied Geostatistics [M]. New York: Oxford University Press, 1989: 351-364.
[10] Johnston K, Hoef J M, Krivonichko K. Using ArcGIS Geostatistical Analyst [M]. GIS by ESRI, 2001.
[11] 黄智刚, 李保国, 胡克林. 丘陵红壤蔗区土壤的中微量营养元素的空间变异 [J]. 中国土壤与肥料, 2006(6): 16-19.
[12] 王莹, 康万利, 辛士刚, 等. 不同地区人发中微量元素的测定与生存环境的比较研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(11): 2333-2336.
[13] Environmental Protection Agency (EPA). Acid digestion of sediment sludge and soils [EB-OL]. EPA 3050B. <http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf>. 1996: 1-12.
[14] 谭金芳. 作物施肥原理与技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 271-273.
[15] 栾文楼, 杨剑平, 高永丰, 等. 影响大枣品质的岩土元素地球化学特征—以石家庄市变质岩山区为例 [J]. 山地学报, 2004, 22(5): 613-618.
[16] 邵世雄, 侯春堂, 刘玉林, 等. 果林农业生态地质研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 13-15.
[17] 谢佰承, 张春霞, 薛绪掌. 土壤中微量元素的环境化学特性 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊): 132-135.
[18] 戴安邦. 配位化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 698-699.
[19] 李善吉. 微量元素与人体健康 [J]. 广东微量元素科学, 2001, 8(7): 4-8.
[20] 蒋彬, 李志刚, 叶正钱, 等. 硒从土壤向食物链的迁移 [J]. 土壤通报, 2002, 32(4): 149-152.

Spatial Variability of Soil Elements in Xianxian Producing Area and Its Realation to Human Health

LIU Ning, ZHANG Yirong, JIA Lin, WANG Fei, WANG Yuan-jie, LI Kuo

(Source and Envionental College, HeBei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: A study on spatial distribution of soil elements on the field scale of Xianxian and relationship between soil elements and human health. Total K, Total Fe, Total Zn, Total Se and Total Ni were all showed normal distribution and intermediate variability, and there was a significant correlation between these elements. The spatial variability showed that there was a significant correlation between Total K, Total Zn and Total Ni; and Total Fe and Total Se were medium related. The distribution of elements was related in the Contour Map. And we could planning the planting of *Ziziphus jujuba* according to these five elements which was in safety level, and then supplying us a safety mineral elements absorbing ways.

Key words: *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Jinsixiaozao; Element; Spatial variability; Human health