

张家口葡萄产区土壤中微量元素空间变异性及对葡萄品质影响

张铁铮, 刘树庆, 杨志新

(河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001)

摘 要:采用地统计及 AICGIS 3.3 分析相结合的方法对张家口涿鹿、怀来 2 县葡萄主产区土壤耕层(0~20 cm)中 4 种微量元素(Cu、Mn、Fe、B)全量含量空间变异分布情况进行了研究分析,同时分析了影响葡萄品质的 3 个指标(Vc、糖酸比、酒石酸)含量空间变异情况以及 3 种指标与 4 种微量元素的相关性。结果表明:土壤中的全量 Fe、B 含量符合正态分布 Mn、Cu 符合对数正态分布;土壤全量 Fe 具有很强的空间相关性,Cu、B、Mn 属于中等的空间相关性;4 种微量元素呈现带状或块状分布,其分布与当地土壤类型具有一定相关性;Fe 与 Vc 含量具有显著相关性,而 B 与 Vc 具有极显著相关性,Fe、Mn、B 与固酸比成极显著的负相关性,而与酒石酸成极显著的正相关性;Cu 与 3 种指标没有显著的相关性。

关键词:葡萄产区;土壤微量元素;地统计;空间变异性;品质指标
中图分类号:S 663.106⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)04-0015-05

怀来和涿鹿所在的怀涿盆地位于张家口市东南部,地处世界葡萄栽培的黄金地带—北纬 40°,土地总面积为 1 793.18 km²。因被太行山、燕山余脉所环抱,并有桑干河、洋河、为水河横贯其中,形成了独特的区域小气候,四季分明、光照充足、夏季多雨、雨热同季、秋季干燥凉爽、昼夜温差大,土质为河流冲积层而积成的沙壤土质和浅山岳陵区黄土土质,为葡萄生长发育提供了绝佳的条件。1996 年,经国内 12 位葡萄种植、酿造专家考察论证,认为怀来、涿鹿县是中国最佳酿酒、鲜食葡萄栽培地区之一,可以和法国的波尔多相媲美。因此,被称之为“中国的波尔多”。2 县都被命名为“全国葡萄之乡”。铁、硼、铜、锰、锌等主要微量元素是葡萄正常生长结果必需的微量营养元素。尽管树体内含量少,但由于其在树体内往往是酶或辅酶的组成部分,具有很强的专一性,是葡萄正常生长结果不可缺少和不可相互代替的。尽管葡萄对 Cu、Mn、Fe、Zn、B 等微量元素的需求量很低,但缺乏也会对葡萄的正常生长造成影响,含量过高又会造成土壤污染^[7-8]。现通过对张家口葡萄主产区土壤中微量元素硼、锰、铁、铜的全量含量进行分析,旨在

研究其在空间上和不同地理环境中的变异及分布情况,找出引起微量元素发生变异的因素及条件,从而为减轻土壤微量元素含量过高而引起的污染以及葡萄区施肥、灌溉等管理措施提供依据,对葡萄品质的优化及葡萄高产都具有重要指导意义。

1 材料与方法

1.1 土样及葡萄样采集

1.1.1 土样采集 试验所用土样是在涿鹿、怀来 2 县的 94 个乡镇、村采样点进行采集,采集的地点均为葡萄的主产区。在葡萄架下周围以 S 形分别布设了 8~10 个采样点,每个采样地点的采集深度均在 0~20 cm 的耕层,采样时注意采样点距离葡萄架的距离。每个取样点进行 3 次采样,3 次采集土样混合均匀。共计 282 个土壤样品,同时用 GPS 进行卫星定位,记录下采样点的经纬度坐标。由于每个采样地点多为山区,因此采样点分布较为分散,分布不均匀。将采样点在地图上标注。

1.1.2 葡萄样采集 葡萄样品均为怀来和涿鹿的龙眼品种,均为同 1 a 生果品,采集时注意考虑各采样点在地势、葡萄栽培及管理措施、品种和生长年限应尽量保持一致,具有代表性,且采样均匀。

1.2 测定方法

1.2.1 全量元素 河北省地矿中心实验室采用国家标准方法测定土壤微量元素含量。

1.2.2 葡萄样品 每个葡萄采样点随机选取 10 个果穗,每处理选取果粒 20 粒,用氢氧化钠滴定法测定可滴定酸(酒石酸)^[9-10];2,6-二氯酚靛酚钠滴定法测定

第一作者简介:张铁铮(1983-),男,在读硕士,现主要从事环境质量评价与监控研究工作。E-mail:zhangtiezheng111@sina.com。
通讯作者:刘树庆(1956-),男,博士,教授,现主要从事土壤环境环境质量评价与监控方面研究工作。E-mail:liushuqing2002@163.com。
基金项目:国土资源部资助项目(200040007-3-3)。
收稿日期:2009-10-20

$V_c^{[11-12]}$; 固酸比(S_{sc}/Ta)为果实可溶性固形物与可滴定酸含量之比。每处理重复3次,取平均值。

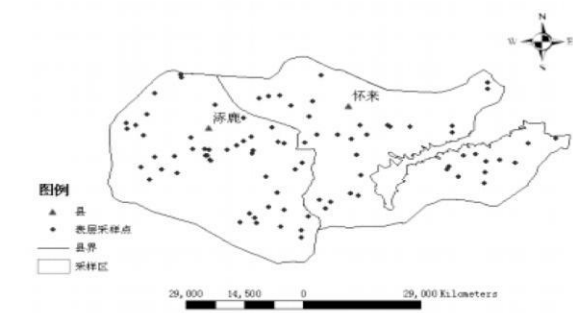


图 1 采样点分布

Fig. 1 Distribution pattern of collected soil samples

1.3 数据分析方法

地统计(Geostatistics)又称地质统计,是在法国著名统计学家 Matheron G 大量理论研究的基础上逐渐形成的一门新的统计学分支。它是以区域化变量为基础,借助变异函数,研究既具有随机性又具有结构性,或空间相关性和依赖性的自然现象的一门科学。它已被证明是分析土壤特性空间分布特征及其变异规律最为有效的方法之一。地统计学对于土壤研究的主要贡献,在

于它对土壤变异结构分析及其在内插值估值中的运用^[1]。地统计分析在土壤养分方面的研究开展时间较长,国内外已经对此已经进行了大量研究^[26]。

该试验采用地统计学和 AICGIS 3.3 软件相结合的方法,用来进行元素特征值的计算和转换,其中 AICGIS 3.3 中的 Normal QQPlot 和 Histogram 方法进行正态分布的检验。土壤元素空间变异分布用 Kriging 插值法处理,不同土壤类型与元素分布的关系用 Excel 方法处理。

2 结果与分析

2.1 土壤中微量元素全量特征值

特征值中反应微量元素分布特征的主要有标准差、变异系数、峰度和偏度。变异系数的大小表示土壤元素空间变异性的 大小,变异系数小于 10%时为弱变异性,大于 100%时为强变异性;10%<变异系数<100%时属于中等变异性^[13]。峰度和偏度代表元素含量值是否符合正态分布,经 AICGIS 软件中 Normal QQPlot 和 Histogram 以及峰度、偏度的检验,土壤中的全量 Fe、B 含量符合正态分布,Mn、Cu 符合偏态分布。通过表 1 可以看出,土壤中 Fe、B、Cu、Mn 的变异系数分别为 17.50%、26.20%、39.44%、17.57%,均具有中等的变异,说明 4 种元素在土壤中的含量受自然或人为因素影响较大,不同的土壤母质类型及不同的微肥施用量和灌溉量都是造成土壤微量元素含量具有变异性的原因。

表 1 土壤 Fe、B、Cu、Mn 含量特征值

Table 1 Characteristic values of total contents of Fe B Cu Mn in soil mg · kg⁻¹								
名称	最大值	最小值	均值	标准差	变异系数	峰度	偏度	分布类型
Name	Max	Min	Mean	S. D	C. V/ %	Kurtosis	Skewness	Distribution
Fe	54	25.4	39.54	6.92	17.50	2.30	-0.09	正态
B	67.1	16.2	39.35	10.31	26.20	2.66	-0.21	正态
Cu	94.2	13.9	36.87	14.54	39.44	3.00	-0.06	对数正态
Mn	941	341	557.97	98.05	17.57	3.49	-0.09	对数正态

2.2 土壤微量元素的空间变异性分析

用 Kriging 方法对 4 种微量元素的全量含量进行空间分析,通过块金效应来判断系统内变量的空间相关性程度,块金常数是块金值和基台值的比值,可以表示为 $C_0/(C_0+C)$ 。其中 C_0 表示块金值, C_0+C 表示基台值,

通过比值所在的范围确定元素的空间相关程度。当 $C_0/(C_0+C)<25\%$ 时,表明变量的空间变异以结构性变异为主,变量具有较高的空间相关性;当 $25\%<C_0/(C_0+C)<75\%$ 时,变量为中等程度空间相关; $C_0/(C_0+C)>75\%$ 时,以随机变量为主,变量的空间相关性很弱^[4]。

表 2 土壤微量元素含量的半方差函数拟合模型及相关参数

Table 2 Theoretical semivariogram model of soil nutrient and their corresponding parameters						
名称	模型	块金值	基台值	块金常数	最大相关距离	标准均方根预测误差
Name	Model	C_0	C_0+C	$C_0/(C_0+C)/\%$	Km	Root-Mean-Square Standardized
Fe	G	26.609	115.787	22.98	11.71	1.06
B	G	89.976	179.32	50.18	59.71	0.99
Cu	S	0.096	0.214	44.86	50.43	1.18
Mn	S	0.018	0.042	42.86	18.92	1.03

通过 GIS 拟合土壤中 Fe、B、Cu、Mn 4 种微量元素全量的半方差模拟模型(表 2),确定了其模型均为高斯模型。可见其标准均方根预测误差均小于且非常接近 1,说明模型的选取符合基本要求。经分析表明,4 种元素的

最大变程为 $B>Cu>Mn>Fe$,其中 B 的变程最大为 59.71 Km,说明其在较大范围尺度内具有相关性,Fe 的变程最小为 11.71Km。4 种微量元素中 Fe 的块金常数最小为 22.98%,其大小在 $C_0/(C_0+C)<25\%$ 范围内,

说明 Fe 的变异具有很强的空间相关性 其变异属于空间结构性变异, 受外界因素影响较小 主要是受一些内在因子如土壤形成过程中的成土母质、地形、土壤类型、气候等因素的影响。而土壤中 Cu、B、Mn 元素全量含量的空间相关性介于 $25\% < C_r / (C_r + C) < 75\%$ 之间, 说明其具有中等的空间相关性 主要是受一些外在的随机因子的影响, 在很大程度上是由施肥、灌溉等管理水平的随机因素引起的空间变异。

2.3 不同土壤类型微量元素含量均值分布特征

土壤中微量元素的供给水平受成土母质、土壤类型、土壤物化性状、水分动态等共同影响^[15]。由此可见不同的土壤类型其微量元素的含量可能是不同的。在调查取样的张家口怀来, 涿鹿地区主要土壤类型有壤质

灌淤土、褐土、潮褐土、潮土、风沙土等。通过对 4 种微量元素在不同土壤类型中的全量含量分别取平均值, 分析其平均含量在不同土类中的分布情况(图 2), 4 种微量元素平均含量的分布大致相同。其中图 2(a)中土壤全量 Cu 在潮土和壤质灌淤土的平均含量分布趋势大致相同, 高于其在褐土, 潮褐土和风沙土的含量; 在图 2(b)中土壤全量 B 在潮土和褐土中的平均含量接近, 小于其在灌淤土中的含量, 但略高于在另外 2 种土类的平均含量; 从图 2(c)和(d)中可以看出, 土壤全量 Fe、Mn 的平均含量由大到小的顺序为灌淤土> 褐土> 潮褐土> 风沙土> 潮土, 在壤质灌淤土中元素平均含量最高, 潮土中最低。总之, 4 种微量元素在灌淤土中的含量要高于其在其他土类中的含量。

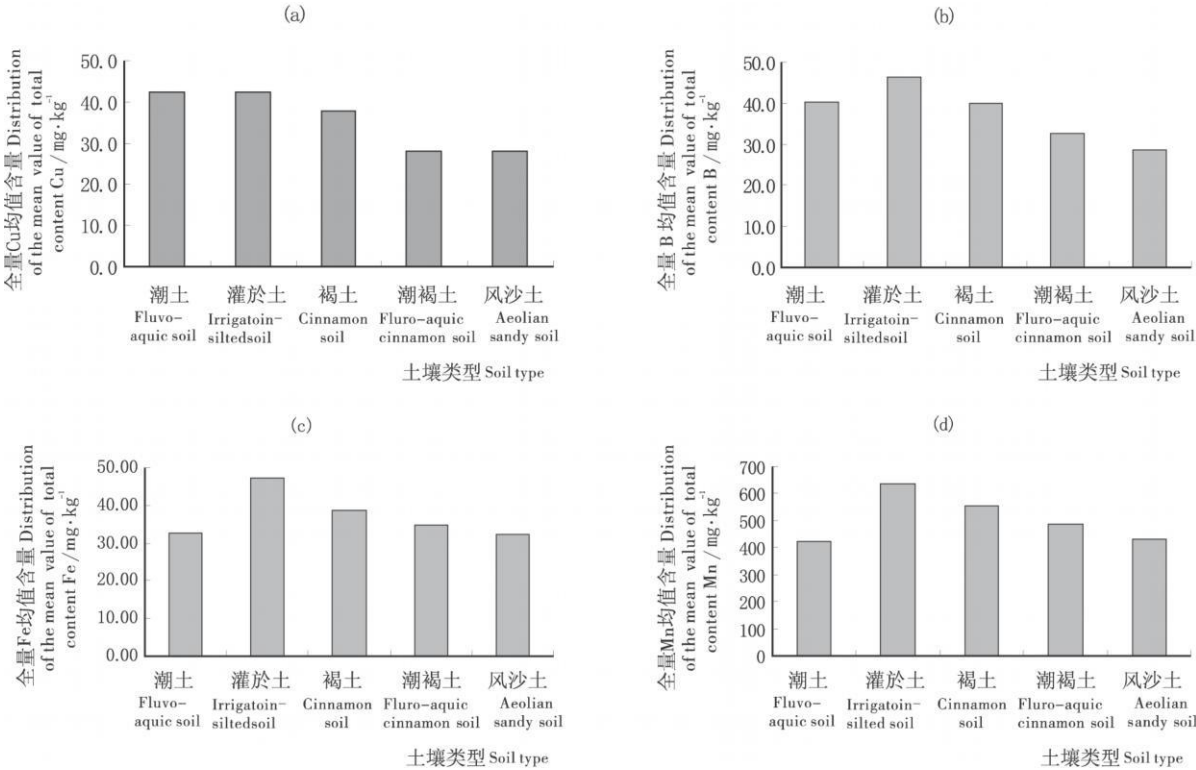


图 2 不同土壤类型微量元素 Cu(a), B(b), Fe(c), Mn(d) 含量均值分布
Fig. 2 Distribution of the mean value of soil microelements Fe(a), Mn(a), Cu(a), B(a) in different soil types

2.4 微量元素与葡萄品质相关性分析

反映葡萄优劣品质的指标主要有 Vc 含量、糖酸比含量以及酒石酸等。通过表 3 可以看出, Fe、Mn、Cu、B 4 种微量元素与 3 种品质指标的相关性各不相同, 其中 Fe 与 Vc 含量具有显著相关性, 而 B 与 Vc 具有极显著相关性, Mn、Cu 与 Vc 没有显著的相关性; Fe、Mn、B 与固酸比成极显著的负相关性, 而与酒石酸成极显著的正相关性; Cu 与固酸比和酒石酸没有显著的相关性。结果表明, Vc 含量受 Fe、B 含量大小成正比, 随着 2 种元素的增加 Vc 含量增加 而随着 Fe、Mn、B 3 种微量元素含

量的增大, 使得葡萄固酸比含量逐渐减少, 而酒石酸含量随之增加, 并且 Mn 元素与 2 种指标的相关性最大, 说明 Mn 对提高葡萄品质具有重要作用, Cu 与 3 种品质指标有一定的相关性, 但不显著, 说明 Cu 不是葡萄必需的微量元素。

2.5 土壤微量元素及葡萄品质空间变异格局分析

图 3 反映的是土壤中全量微量元素 Cu、B、Fe、Mn 的空间分布差值图。由图 3 可知, 不同微量元素在研究区域内的分布程度不同, 总体看来 4 种微量元素含量的分布呈现西高东低的特征, 由西向东颜色逐渐由深变

表 3 土壤微量元素与葡萄品质指标相关性

Table 3 The correlation of trace elements in soil and group quality indicator

	Vc	糖酸比 Ratio of sugar and acid	酒石酸 Tartaric acid
Fe	0.343 *	-0.428 **	0.41 **
Mn	0.264	-0.478 **	0.476 **
Cu	0.08	-0.017	0.05
B	0.371 **	-0.388 **	0.363 **

浅,呈带状或块状分布,层次分布明显。B 的含量分布较为平均,Cu 含量分布主要介于 23.92~29.21 mg/kg,Fe 含量分布主要介于 41.4~46.49 mg/kg,Mn 含量分布主要介于 501.11~596.33 mg/kg 和 596.33~736.03 mg/kg 之间,元素分布的不均可能是受地域条件影响,在由东向西元素分布呈现由弱到强的趋势。总体上怀

来地区的 4 种微量元素含量低于涿鹿地区。

由图 3 可看出,4 种全量微量元素 Cu、B、Fe、Mn 的最高含量分布都集中在研究区的西部、西南和南部地区,这些地区属于涿鹿县西部的保岱镇、武家沟镇、涿鹿镇和五堡镇以及南部的矾山镇孟家窑村,并且 Fe 含量在西角呈现最高分布,其土壤类型均属于壤质灌淤土;同时 Cu、B、Fe 3 种元素的较低的含量主要在怀来县的东部和东北部部分地区,这些地区属于怀来县的狼牙乡、东花园镇、桑园镇以及小南辛堡镇的部分乡村。其土壤类型主要以褐土、潮褐土为主,少部分地区属于潮土和风沙土。这与以上 2.3 中壤质灌淤土元素含量最高,而其他土类中元素含量相对较低的研究结果基本一致。

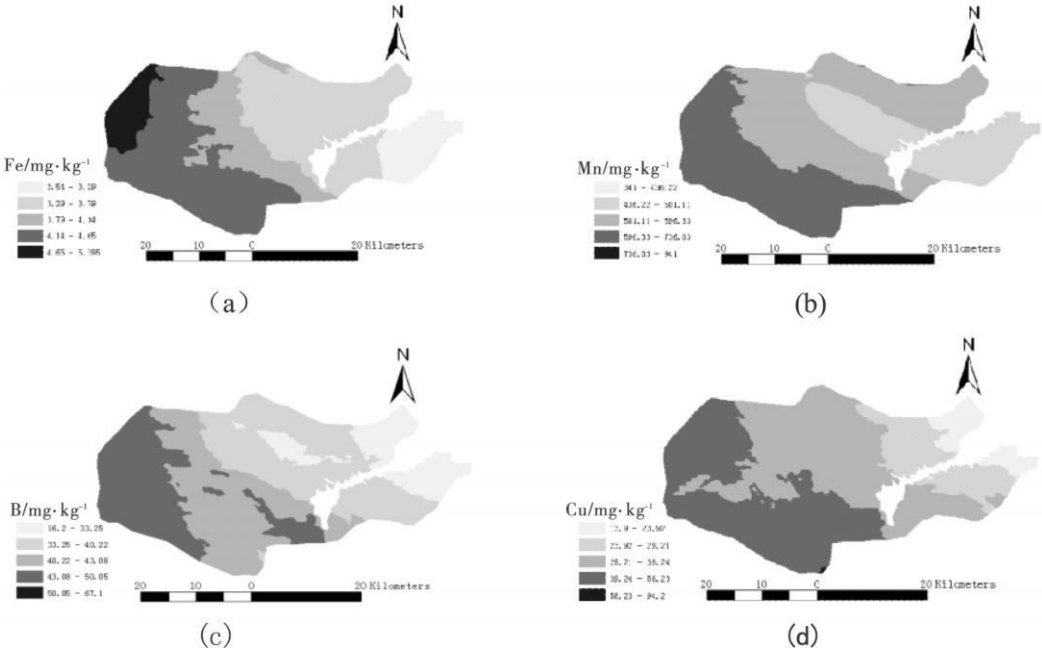


图 3 研究区域全量 Fe、Cu、B、Mn 的 Kriging 插值图

Fig. 3 Filled contour maps of total contents of Cu, B, Fe, Mn in study soil using ordinary kriging

由图 4 可以看出葡萄 Vc 含量和酒石酸含量的空间分布由西向东逐渐减少,而糖酸比含量由西向东逐渐增加。其中 Vc 在西部的涿鹿地区有很高的含量分布,其空间分布情况与 Fe 和 B 的空间分布情况相似,而糖酸比含

量在涿鹿县含量很低,而在东部含量分布较高,特别是在东北角有很高的含量分布,这与 Fe、Mn、Cu、B 的空间分布正好相反。由此可见,葡萄品质指标含量和土壤微量元素含量的空间分布图的分布特征与 2.4 分析基本一致。

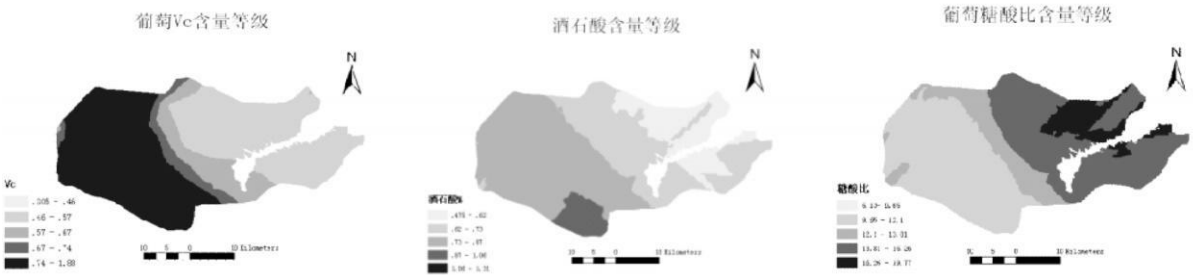


图 4 葡萄品质 Kriging 插值图

Fig. 4 Maps of group quality using ordinary kriging

3 结论

张家口涿鹿、怀来葡萄产区土壤 Mn 具有低变异性, Fe、Cu、B 具有中等的变异性。土壤全量 Fe 具有很强的空间相关性, 属于结构性变异, 内在因子影响显著, 其影响因素主要是包括土壤母质, 地形, 气候等一些非人为因素; 而土壤中全量 Cu、B、Mn 属于中等的空间相关性, 主要是受一些外在随机因子的影响, 在很大程度上是由施肥、灌溉等管理水平等随机因素引起的空间变异。

土壤中 Fe、B 2 种微量元素与葡萄品质指标的 Vc 含量含量具有显著的正相关性, 而 Fe、Mn、B 与糖酸比具有极显著的负相关性, 而与酒石酸具有极显著的正相关性, 其中 Mn 与 2 种指标的相关性最大, 说明 Fe、Mn、B 含量的多少对葡萄品质的影响很大, 也是葡萄必需的 3 种微量元素, Cu 与 3 种品质指标的相关性不显著。

通过 Kriging 差值结果可以看出, 不同微量元素含量和葡萄品质指标含量在研究区域内的分布程度不同, 4 种微量元素含量分布呈现西高东低的特征, 呈带状或块状分布, 层次分布明显。分析表明, 4 种微量元素分布与当地土壤类型具有一定相关性。总体上 4 种微量元素在东部的怀来地区分布较为缺乏, 而在西部的涿鹿地区则较为丰富, 2 个地区元素含量的丰缺程度差异显著。而葡萄指标中的 Vc 和酒石酸含量与 4 种微量元素的含量分布类似, 糖酸比含量分布与 4 种元素分布相反, 通过元素分布和品质指标含量的分布情况可以清楚的反映出元素含量大小与葡萄品质优劣的相关性, 从而为合理施用微量元素, 改良优化葡萄品质提供理论依据。

参考文献

[1] 李艳, 史舟, 徐建明, 等. 地统计学在土壤科学中的应用及展望[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 112-116.
[2] 吕巧灵, 付巧玲, 吴克宁, 等. 郑州市郊区土壤综合肥力评价及空间分布研究[J]. 中国肥料科学, 2005: 166-168.
[3] 刘吉平. 三江平原环型湿地土壤养分的空间分布规律[J]. 土壤学报, 2006, 43(2): 247-255.
[4] 王红娟, 白由路, 魏义长. 东北平原土壤速效养分状况与分布研究[J]. 中国土壤与肥, 2008(2): 19-23.
[5] 赵军, 张久明, 孟凯, 等. 地统计学及 GIS 在黑土区域土壤养分空间异质性分析中的应用。以海伦市为例[J]. 水土保持通报, 2004 24(6): 53-57.
[6] 朱益玲, 刘洪斌, 谢德体, 等. 江津紫色土壤养分空间变异性研究_地统计学方法[J]. 西南农业大学学报, 2002 24(3): 207-210.
[7] 宗良纲, 丁园. 土壤重金属 (CuZnCd) 复合污染的研究现状[J]. 农业环境, 2001, 20(2): 126-128.
[8] 李文光. 微量元素肥料及稀土肥料应用现状与开发前景[J]. 江西地质, 2001, 15(3): 210-215.
[9] 蔡宇良, 李珊, 陈怡平, 等. 不同甜樱桃品种果实主要内含物测试与分析[J]. 西北植物学报, 2005 25(2): 304-310.
[10] GB/T 12295-90 水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定—折射仪法[S].
[11] 吴春艳. 水果中维生素 C 含量的测定及比较[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(3): 90-91.
[12] 阎树刚, 韩涛. 果蔬及其制品中维生素 C 测定方法的评价[J]. 中国农学通报, 2002 18(4): 110-112.
[13] 王绍强, 朱松丽, 周成虎. 中国土壤土层厚度的空间变异性特征[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 161-169.
[14] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale heterogeneity of soil properties in central low a soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J. 1994, 58: 1501-1511.
[15] 李家熙. 区域地球化学与农业和健康[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000.

Spatial Variation of Microelement in the Soil of Grape Production Region and its Influence on Grape Quality in Zhangjiakou

ZHANG Tie-zheng, LIU Shu-qing, YANG Zhi-xin
(College of Resources and Environmental Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: The article was mainly analyzed with the spatial distribution and variability of 4 microelement (Cu, Fe, Mn, B) in top—loyer (0~20 cm) soil in grape production area of Zhuolu and Huailai County in Zhangjiakou city with the methods of Geostatistics and AICGIS 3.3. The results showed that the Total contents of Fe, B were accord with normal distribution, Mn, Cu were accord with logarithm normal distribution. total contents of Fe which had very strongly spatial correlation; total contents of Cu, B, Mn had medium spatial correlation. By using kriging method, the spatial distributions of 4 soil micro-elements took on piece and speckle in study area. The spatial distributions of 4 soil microelements were correlated with soil types, Fe had significant correlation with Vc; and B had extremely significant correlation with Vc; Fe, Mn, B had significant negative correlation with tss-acid ratio and had very significant positive correlation with tartaric acid; Cu have no significant correlation with three group quality indicator.

Key words: grape production area; soil-microelements; geostatistics; spatial-variation; quality indicator