

陕西关中葡萄园土壤有效钾空间格局研究

高义民,同延安,常庆瑞

(西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】探讨陕西关中葡萄园土壤有效钾空间变异及其分布格局,为葡萄园精确施肥提供参考依据。【方法】以陕西关中葡萄园为研究区,用网格法(50 m×50 m)采集土样 46 个,应用 ArcGIS Geostatistics 模块对土壤有效钾含量进行地统计分析和 Kriging 插值分析。【结果】研究区土壤有效钾含量为 70.4~172.0 mg/kg,平均 113.0 mg/kg,符合正态分布。有效钾含量在南北方向呈明显的南低北高趋势,可用二阶曲线拟合。土壤有效钾的最佳半方差函数符合球状模型,且具有明显的各向异性特征,长轴方向的变程是短轴方向的 4.2 倍,表现出强烈的空间相关性。【结论】研究区有效钾含量分布表现出较明显的中间高、四周低的阶梯状分布趋势,这种分布状况与当地的地势分布基本一致。结构性因素对研究区土壤有效钾含量的空间变异起主导作用。

【关键词】 ArcGIS;地统计学;葡萄园;有效钾;空间格局;陕西关中

【中图分类号】 S663.1;S158.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)09-0095-05

Study on the spatial pattern of available K in grapery in Shaanxi Guanzhong

GAO Yi-min, TONG Yan-an, CHANG Qing-rui

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The objective of this study was to explore the spatial variability and distribution of available K in soil to provide a solid foundation for scientifically formulated fertilizer. 【Method】 Geostatistics module of ArcGIS was applied to study the spatial variability and distribution of available K in soil based on the data of 46 soil samples taken by grid sampling method (50 m×50 m) in grapery in Shaanxi Guanzhong as the case study. 【Result】 The available K content followed a normal distribution, with an average 113.0 mg/kg and a range from 70.4 mg/kg to 172.0 mg/kg in the study area. The distribution of available K content in the whole area exhibited a second-order trend (north higher than south). The best theoretical model was spherical one, with an anisotropy. The spatial autocorrelation distances (ranges) in long axle was 4.2 times of the short axle, and spatial autocorrelation was strong. 【Conclusion】 A spatial distribution map of available K content was higher in center than in brink with a ladder-like distribution trends. The spatial variability of available K content in the study area was fundamentally operated by structural factors. On the other side, man-made factors (fertilization and the build-time of grapery) also took some influence on the distribution of available K content.

Key words: ArcGIS; geostatistics; grapery; available K; spatial pattern; Shaanxi Guanzhong

对植物而言,钾在吸收数量上是仅次于氮的矿质元素,施钾对提高葡萄产量和改善其品质有显著

* 【收稿日期】 2008-12-17

【基金项目】 国际植物营养研究所(IPNI)资助项目

【作者简介】 高义民(1969—),男,甘肃泾川人,讲师,在读博士,主要从事土壤养分管理及 GIS 技术研究。

E-mail: gaoyim@nwsuaf.edu.cn

【通信作者】 同延安(1956—),男,陕西华县人,教授,博士生导师,主要从事植物营养与土壤学研究。

E-mail: tongyanan@nwsuaf.edu.cn

作用^[1-2]。掌握果园土壤钾素的空间分布格局及其变异特征是果园钾肥精确投入和提高肥料利用率的基础。

国外自 20 世纪 70 年代开始,将地统计学应用于土壤属性的分布、监测和空间变异分析,成为土壤科学的研究热点^[3]。国内对土壤养分空间变异的定量研究开始于 20 世纪 90 年,至今已有针对不同空间尺度的大量报道^[4-7],并以此为依据实施养分分区管理,取得了明显成效^[8]。然而,由于果园土壤养分时空变异的复杂性,已有研究主要针对农田,而关于果园的研究尚未见报道。本试验采用 ArcGIS 地统计分析模块,研究陕西关中地区连片葡萄园有效钾的空间变异和空间格局,探讨其影响因子,旨在为提高果业生产的集约化程度和果园养分管理水平提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

供试葡萄园位于陕西省关中地区中部的扶风县揉谷乡新集村塬上,面积约 15 hm²,连片种植。供试葡萄园无灌溉条件,主栽品种为巨峰和红地球。当地年平均气温 13.2 ℃,无霜期 200 d 左右,降水量 550~600 mm,土壤类型为塬土,质地中壤,适合葡萄生长。

1.2 土样采集及化学分析

在手持式 GPS 支持下,采用网格法采集葡萄园土样 46 个,网格边距 50 m×50 m,每个样品由半径 5 m 内 10 个点 0~40 cm 土层土壤混合而成(图 1)。土样风干后压碎,过孔径 2 mm 筛,采用土壤养分状况系统研究法(ASI 法)分析土壤有效 K 含量,土样用 0.25 mol/L NaHCO₃-0.01 mol/L EDTA-0.01 mol/L NH₄F 浸提^[9]。

1.3 地统计学方法和数据处理

地统计学方法以半方差函数和 Kriging 插值为基本工具,可以对既具有随机性又具有结构性的各种变量在空间上的分布进行研究,弥补了经典统计学忽略空间方位的缺陷。ArcGIS 地统计分析模块使地统计方法与 ArcGIS 软件结合起来,对扩展 GIS 的功能有很大贡献^[10-11]。

本研究常规统计分析采用 SPSS 12.0 进行,土壤采样点分布图和空间分析采用 ArcGIS 9 绘制,半方差模型拟合及参数选择采用 ArcGIS 9 的扩展模块 Geostatistical Analyst 进行^[12]。

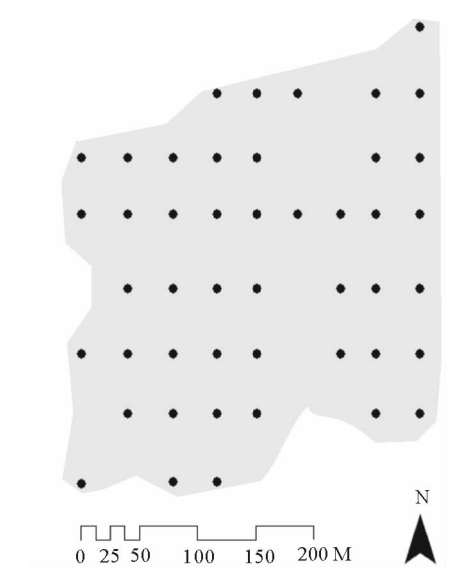


图 1 葡萄园土壤采样点分布图
Fig.1 Map of soil samples

2 结果与分析

2.1 葡萄园土壤有效钾含量的统计分析

由于数据的正态分布是使用地统计学方法的前提,只有当数据服从正态分布时,克里格方法才有效,因此本研究首先对葡萄园土壤有效钾含量的分布进行考察。图 2 是供试葡萄园土壤有效钾含量的分布曲线。由图 2 可知,研究区土壤有效钾含量基本符合正态分布,可以进行半方差分析和 Kriging 插值分析。

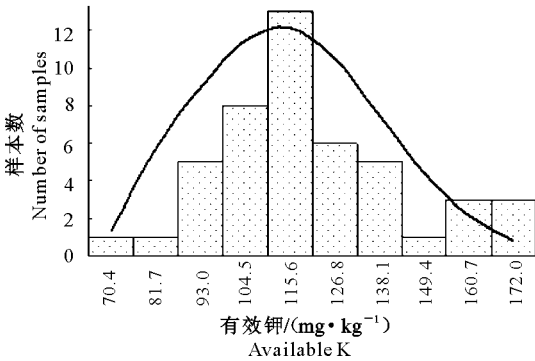


图 2 葡萄园土壤有效钾含量的分布曲线
Fig.2 Distribution curve of available K content of soil samples

2.2 葡萄园土壤有效钾含量的描述统计

研究区土样有效钾的基本统计学特征见表 1。由表 1 可以看出,研究区葡萄园有效钾含量为 70.4~172.0 mg/kg,平均为 113.0 mg/kg,变异系数为 22.4%,表明从整体测定结果来看,供试葡萄园土壤有效钾含量具有中等程度的变异^[13]。

表 1 葡萄园土壤有效钾含量的基本统计学特征
Table 1 Statistical characteristics of available K content

项目 Item	平均值/ (mg·kg ⁻¹) Mean	中数/ (mg·kg ⁻¹) Median	最小值/ (mg·kg ⁻¹) Min	最大值/ (mg·kg ⁻¹) Max	极差/ (mg·kg ⁻¹) Range	标准差 SD	变异系数/% Coefficient of variation
有效钾 Available K	113.0	105.6	70.4	172.0	101.6	25.3	22.4

2.3 葡萄园土壤有效钾含量的地统计学分析

2.3.1 趋势分析 趋势分析可以反映物体在空间区域内变化的主体特征,其揭示研究对象的总体规律,而忽略了局部的变异。图 3 是应用 ArcGIS9.0 地统计模块 Geostatistical Analyst 的数据分析工具 Trend Analysis 获取的葡萄园土壤有效钾含量的空间趋势图,图中 X 轴表示正东方向,Y 轴表示正北方向,Z 轴表示各采样点有效钾的测定值,XY 轴所在平面上的竖棒表示每一个采样点有效钾的测定值

和其所在的空间位置,南北方向趋势线和东西方向趋势线分别为有效钾含量在南北方向和东西方向投影的拟合线。由图 3 可知,研究区有效钾含量在东西方向变化趋势不明显,而在南北方向呈明显的南低北高的变化趋势,可用二阶曲线拟合,故在进行半方差分析时应去除该趋势,以获得更为准确的半方差模型,但在进行 Kriging 插值时应追加该趋势,以获得更有实际意义的插值结果^[11]。

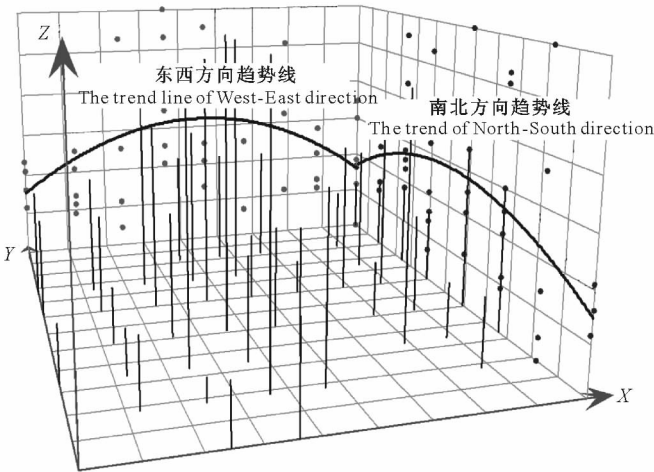


图 3 葡萄园土壤有效钾含量的趋势分析
Fig. 3 Trend analysis of available K content in soil samples

2.3.2 离群值分析 利用 Voronoi 图可以剔除离群值,图 4 是以 Simple 法产生的土壤有效钾含量的 Voronoi 图。由图 4 可知,研究区土壤有效钾含量无离群值,所有采样点数据均可以进行 Kriging 插值。

2.3.3 半方差模型分析 利用 ArcGIS 地统计模块,选取不同半方差模型对葡萄园有效钾含量的空间变异进行拟合,模型选择的标准是:预测结果的标准平均值(MS)最接近于 0,均方根预测误差(RMS)最小,平均标准误差(ASE)最接近于均方根预测误差(RMS),标准均方根预测误差(RMSS)最接近于 1^[12]。根据上述要求,选择球状模型为最优模型,其参数见表 2。由表 2 可知,长轴和短轴变程分别为 303.9 和 72.3 m,长轴是短轴的 4.2 倍,可见变程在长轴和短轴方向存在较大差异,表明供试葡萄园土壤有效钾含量具有明显的各向变异特征,土壤采样点间的距离和方向均对半方差模型有影响^[14-15]。 $C_0/(C_0+C)$ 是随机部分引起的空间变异占系统总变异的比例,揭示了变量空间的相关程度,若其值 $< 25\%$,表明变量有强烈的空间相关性;若其值 $>$

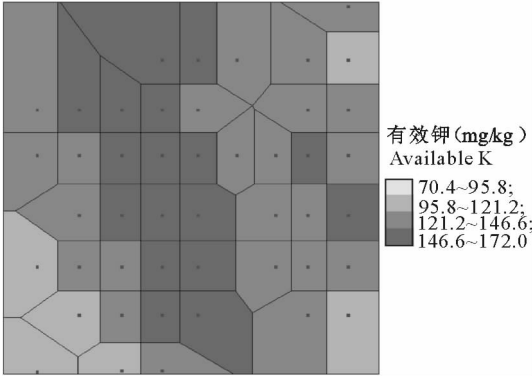


图 4 葡萄园土壤有效钾含量的 Voronoi 图
Fig. 4 Voronoi of available K content in soil samples

75%，变量空间相关性很弱；其值为25%~75%，变量空间相关性中等^[15]。由表 2 还可知，研究区土壤有效钾表现出强烈的空间相关性，表明结构性因素

对土壤有效钾含量的空间分布起主导作用，施肥、耕作等人为因素对土壤有效钾含量的影响尚无法达到破坏其原有空间格局的程度。

表 2 葡萄园土壤有效钾的半方差模型拟合结果及其参数

Table 2 Semi-variogram model of available K content and its parameters

模型类型 Models	趋势 Trends	变程/m Range		C ₀ Nugget	C Partial sill	(C ₀ /(C ₀ +C)) /% Nugget/sill	预测误差 Predicted error			
		长轴 Major	短轴 Minor				MS	RMS	ASE	RMSS
球状 Spherical	二阶趋势 Second-order trend	303.9	72.3	122	533	18.6	0.003	21.9	23.9	1.013

2.3.4 Kriging 插值分析 在半方差结构分析和模型拟合的基础上,采用普通 Kriging 插值方法,选取二阶趋势参数,得到研究区果园有效钾含量的空间分布图(图 5)。由图 5 可知,研究区有效钾含量分布表现出较明显的中间高、四周低的阶梯状分布趋势。这种分布状况主要是由自然因素(地形、土壤侵蚀等)决定的。供试葡萄园地形整体呈中间高、四周低的起伏状,有效钾含量较高的区域地势也相对较

高,这与土壤有效钾分布趋势基本吻合。笔者调查发现,试验区中部的葡萄园建园时间较长,部分农户已连续多年施用钾肥;北部由于多为新建果园,产量较低,农户很少施用钾肥;南部试验区为山坡地,葡萄园缺乏管理,很少施用钾肥。这表明,虽然施肥、建园时间等人为因素对土壤有效钾分布也具有一定影响,但尚无法达到改变研究区土壤有效钾含量空间格局的程度。

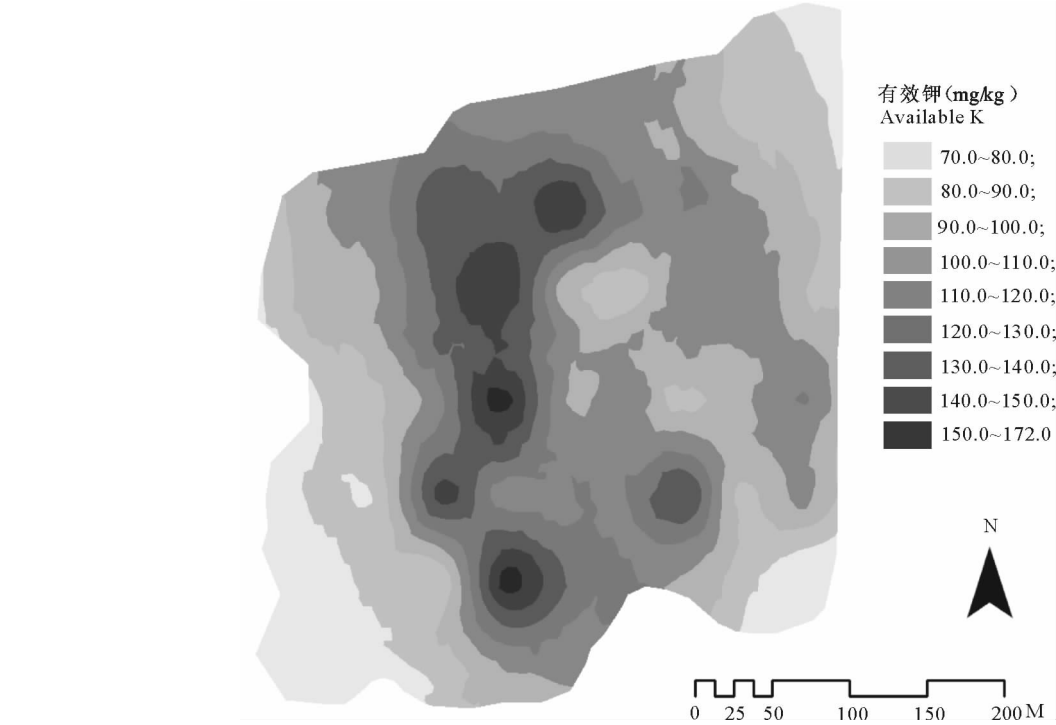


图 5 研究区葡萄园土壤有效钾含量的空间分布

Fig. 5 Spatial distribution map of available K content soil

3 结论与讨论

本研究以网格法结合 GPS 采样,应用 ArcGIS 的地统计分析模块和地理信息系统(GIS)空间分析技术相结合的方法,对陕西关中成片分布的葡萄园土壤有效钾含量的空间变异及空间分布格局进行了定量分析,得出如下结论。

1)研究区葡萄园有效钾含量为 70.4 ~172.0 mg/kg,平均为 113.0 mg/kg,具有中等程度变异,且基本符合正态分布,符合半方差分析的要求。趋势分析显示,研究区土壤有效钾含量在南北方向具有明显的南低北高趋势,可用二阶曲线拟合。Voronoi 图显示,研究区土壤有效钾测定结果无离群值,所有数据均可以进行克里格插值分析。

2)ArcGIS 地统计学分析表明,研究区土壤有效钾含量的最优半方差函数模型符合球状模型,且具有明显的各向异性特征,长轴方向的变程是短轴方向的 4.2 倍,表现出强烈的空间相关性,表明结构性因素对土壤有效钾含量的空间分布起主导作用。

3)普通 Kriging 插值分析结果表明,研究区有效钾含量分布表现出较明显的中间高、四周低的阶梯状分布趋势。这种分布状况主要是自然因素(地形、土壤侵蚀等)作用的结果。

本研究土样采集所采用的方法是等间距网格法,并未考虑不同农户的地块边界。鉴于研究区葡萄园属于不同农户独立经营,根据许红卫等^[16]的研究结果,认为考虑养分元素的性质,以农户经营地块为单位的采样方式可以提高土样采集的合理性。为了提高 Kriging 插值预测的精度和实用效果,研究不同土壤养分因子及土壤条件下的合理取样方法,应成为今后地统计学应用于土壤属性研究的热点。

[参考文献]

[1] 姜远茂,张宏彦,张福锁. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践 [M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:180-193.
Jiang Y M,Zhang H Y,Zhang F S. Theory and practice on integrated management of nutrient resources for deciduous fruit trees in north China [M]. Beijing: Press of China Agricultural University,2007:180-193. (in Chinese)

[2] 高义民,同延安,马文娟. 陕西关中葡萄园土壤养分状况分析与平衡施肥研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):41-44.
Gao Y M,Tong Y A, Ma W J. Study on grapery soil nutrients condition and balanced fertilization in Shaanxi Guanzhong area [J]. Journal of Northwest of A&F University: Natural Science Edition,2006,34(9):41-44. (in Chinese)

[3] Miller M P, Singer M J, Nielsen D R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills [J]. Soil Sci Soc Am J,1988,52:1133-1141.

[4] 连 纲,郭旭东,傅伯杰,等. 黄土高原小流域土壤养分空间变异特征及预测 [J]. 生态学报,2008,28(3):946-954.
Lian G,Guo X D,Fu B J, et al. Spatial variability and prediction of soil nutrients in a small catchment of the Loess Plateau [J]. Acta Ecologica Sinica,2008,28(3):946-954. (in Chinese)

[5] 连 纲,郭旭东,傅伯杰,等. 黄土高原县域土壤养分空间变异特征及预测 [J]. 土壤学报,2008,45(4):577-584.
Lian G,Guo X D,Fu B J, et al. Spatial variability and prediction of soil nutrients on a county scale on the Loess Plateau-a case study of Hengshan county, Shaanxi Province [J]. Acta Pedologica Sinica,2008,45(4): 577-584. (in Chinese)

[6] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等. 成都平原水旱轮作种植下土壤养分特性空间变异研究 [J]. 土壤学报,2008,45(2):355-359.
Qin Y S,Tu S H,Feng W Q, et al. Spatial variability of soil nu-

trient characteristics under paddy-upland crop rotation in Chengdu Plain [J]. Acta Pedologica Sinica,2008, 45(2): 355-359. (in Chinese)

[7] 王永东,李廷轩,张锡洲,等. 不同尺度下低山茶园土壤钾素含量空间变异特征 [J]. 土壤通报,2008,39(2):309-314.
Wang Y D,Li T X,Zhang X Z, et al. Spatial variability of the content of potassium in hilly tea plantation soils with different sampling scales [J]. Chinese Journal of Soil Science,2008,39(2):309-314. (in Chinese)

[8] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等. 县级区域粮田土壤养分空间变异与分区管理技术研究 [J]. 土壤学报,2003,40(1):79-88.
Huang S W,Jin J Y,Yang L P, et al. Spatial variability and regionalized management of soil nutrients in the grain crop region in Yutian county [J]. Acta Pedologica Sinica,2003,40(1):79-88. (in Chinese)

[9] 加拿大钾磷研究所北京办事处. 土壤养分系统研究法 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1992:42-70.
PPI/PPIC. ASI systematic approach [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press,1992:42-70. (in Chinese)

[10] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用 [M]. 北京:科学出版社,1999:35-149.
Wang Z Q. Geostatistics and its application in ecology [M]. Beijing: Science Press,1999:35-149. (in Chinese)

[11] Zhang R D. Applied geostatistics in environmental science [M]. New York: Science Press USA Inc.2004.

[12] 汤国安,杨 昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京:科学出版社,2006:363-421.
Tang G A,Yang X. Geographic information systems spatial analysis experiment tutorial [M]. Beijing: Science Press,2006:363-421. (in Chinese)

[13] 雷志栋,杨诗秀,许志荣,等. 土壤特性的空间变异性初步研究 [J]. 水利学报,1985(9):10-21.
Lei Z D,Yang S X,Xu Z R, et al. Study on spatial variability of soil properties [J]. Journal of Hydraulic Engineering,1985(9):10-21. (in Chinese)

[14] 苑小勇,黄元仿,高如泰,等. 北京市平谷区农用地土壤有机质空间变异特征 [J]. 农业工程学报,2008,24(2):70-76.
Yuan X Y,Huang Y F,Gao R T, et al. Spatial variability characteristics of farmland soil organic matter in Pinggu district, Beijing, China [J]. Transactions of the CSAE,2008,24(2):70-76. (in Chinese)

[15] 侯景儒,尹镇南,李维明,等. 实用地质统计学 [M]. 北京:地质出版社,1998:31-72.
Hou J R,Yin Z N,Li W M, et al. Applied geological statistics [M]. Beijing: Geology Press,1998:31-72. (in Chinese)

[16] 许红卫,高克异,王 珂,等. 稻田土壤养分空间变异与合理取样数研究 [J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(1):37-43.
Xu H W,Gao K Y,Wang K, et al. Spatial variability of soil nutrients in paddy field and their appropriate sampling sizes [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2006,12(1):37-43. (in Chinese)