

## 草甸白浆土有效磷的空间变异性

陈宝政, 蔡德利, 王法清, 殷雪, 张之一  
(黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江大庆 163319)

**摘要:** 土壤养分通常具有较大的空间变异性, 且变异规律随土壤类型和养分的变化而变化。对黑龙江省密山市长期试验点的草甸白浆土 0~20 cm 和 20~40 cm 两层土壤有效磷的变异性通过经典统计学方法和地统计学方法进行了分析。经典统计学分析结果表明草甸白浆土有效磷具有中等至较强程度的变异。地统计学结果表明草甸白浆土有效磷最大相关距离在 85 m 左右, 两层土壤的块金方差/基台值分别为 47.63% 和 34.87% 具有中等至较强程度的空间相关性。

**关键词:** 有效磷; 空间变异; 草甸白浆土

**中图分类号:** S158 **文献标识码:** A

### Spatial Variability of Available Phosphor of Meadow Albic Bleached Soil

Chen Baozheng, Cai Deli, Wang Faqing, Yin xue, Zhang Zhiyi

(College of Agriculture Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing Heilongjiang 163319)

**Abstract:** Soil nutrients often appear great variability in spatial, and their variability characteristic change with the types of soil and nutrient. The variability characteristic of available phosphor of meadow albic bleached soil was analyzed by traditional statistics and geo-statistics technique. The soil samples were collected at two layers (0-20 cm and 20-40 cm) from a long-term test field in Mishan city Heilongjiang province. The result from traditional statistics showed that the variability of available phosphor of meadow albic bleached soil was between moderate and strong degree. The result from geo-statistics showed that the major range of available phosphor of meadow albic bleached soil was 85 m around. The radii of nugget to still of two layers were 47.63% and 34.87% respectively, so the spatial correlations of them were between moderate and strong degree.

**Key words:** available phosphor, spatial variability, meadow albic bleached soil

众所周知土壤的空间变异性很大, 尤其是有效养分变异更大, 对这个问题国内外已有些研究<sup>[1-2]</sup>。土壤养分的空间变异规律和分布特征的研究在精准施肥、提高土壤采样效率, 指导田间管理等方面都得到了广泛的应用<sup>[3-6]</sup>。各方面的研究也表明, 在不同地区和不同土壤上养分的空间变异规律有所不同<sup>[7-9]</sup>。

地统计学是研究空间变异性的一种重要方法。该方法是以区域化变量为核心和理论基础, 以空间相关和半方差函数为基本工具的一种数学地质方法<sup>[10]</sup>。地统计学最早应用于矿产地质领域中。随着技术发展的成熟, 其应用范围已经逐渐推广应用到土壤学和生态

学等领域中<sup>[11-12]</sup>。

笔者应用地统计学方法探讨了草甸白浆土有效磷的空间变异规律, 并进行了量化表达。

### 1 材料与方法

#### 1.1 土壤取样与分析

土壤样品于 1998 年 11 月采自黑龙江省密山市原黑龙江八一农垦大学白浆土利用改良长期综合试验地, 试区长 300 m, 宽 100 m, 中心点地理位置为东经 131°52'28", 北纬 45°39'12", 土壤类型为草甸白浆土。在区内每间隔 10 m 设一个取样点, 每个样点取 0~20 (A 层) 和 20~40 (E 层) 土样, 共计 600 个土样。在室内

**基金项目:** 国家科技支撑计划“粮油安全生产的综合示范”(2006BAK02A25); 黑龙江省科学技术计划重点项目“黑龙江省食品安全‘数据中心’的研究与开发”(GA06C101-03), “数字农业示范区农田(地理)信息系统研究”(GB06B601-2)。

**第一作者简介:** 陈宝政, 1975 年出生, 男, 黑龙江省大庆市人, 讲师, 博士, 现从事农业信息化研究和教学工作。通信地址: 163319 黑龙江省大庆市开发区 黑龙江八一农垦大学农学院资源与环境系, Tel: 0459-6819183, E-mail: cbz123@sina.com。

**收稿日期:** 2008-12-08, **修回日期:** 2009-01-16。

用盐酸氟化铵法分析有效磷。

### 1.2 研究方法

地统计学分析的核心是假设区域化变量满足二阶平稳和本征假设时,根据样本点确定研究对象随空间位置而变化的规律,以此去推算未知点的属性值。这个规律,就是变异函数,变异函数也称半方差函数,是地统计学所特有的基本工具,其计算公式为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{a=1}^{N(h)} [z(u_a) - z(u_a+h)]^2 \dots\dots\dots (1)$$

(1)式中  $N(h)$  为相隔距离矢量  $h$  的所有样点对的个数。 $z(u_a) - z(u_a+h)$  为相隔距离  $h$  的两点  $z(u_a)$ 、 $z(u_a+h)$  属性值之差,  $\gamma(h)$  为半方差函数值。

半方差函数是地统计学建立实验模型、拟合理论模型的关键函数,也是分析空间变异影响因子的有效判断方法,常用的半方差理论模型有球状(Spherical)模型、高斯(Gaussian)模型、指数(Exponential)模型和线性(Linear to sill)等模型。

土壤养分空间变异可以概括为结构因子和随机因子所引起的变异。结构因子包括成土母质、成土过程、气候、水文、地形地貌等自然因素,这些因素在一定区

域和时间范围内表现相对稳定。随机因子主要包括耕作措施、栽培方法、种植制度、作物布局、农药和肥料使用等人为因素,受人类活动影响较大,在时间和空间上表现较强的随机性,随机因子是一个相对概念,一些随机因子经过一段时间后可转化为结构因子<sup>[13]</sup>。取样、分析等误差也可引起随机变异。在半方差理论模型中,通常认为块金值  $C_0$  是由随机因子引起;偏基台值  $C$  是由结构因子引起的方差;  $C_0+C$  是基台值,是所有变异的和;变程  $A$  也称空间最大相关有效距离,如果样点间距超过该范围,则没有空间相关性,它可以指导采样过程中选用的间隔距离。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤有效磷的经典统计学分析

经典统计学分析采用 SPSS,地统计学分析采用下表 1 为 A 层和 E 层土壤有效磷的基本统计特征,其中变异系数反映了有效磷的变异程度。通常认为变异系数  $CV \leq 10\%$  时为弱变异,  $10\% < CV \leq 100\%$  为中等变异,当  $CV > 100\%$  为强变异。试验土壤 A 层土壤有效磷  $CV$  值达 87%,属中等变异;E 层土壤有效磷  $CV$  值达 106%,属强变异。

表 1 土壤有效磷养分变异情况 (NA=NE=300)

种类	含量			变异系数(CV)/%	变异强度
	范围/(mg/kg)	均值/(mg/kg)	标准差		
A层	3.125~210.90	37.62	32.63	0.87	中等
E层	3.135~179.63	26.46	28.13	1.06	强

经典统计学方法只能反映土壤有效磷变化的总体特征,不能反映变异在研究区域内的空间分布特征。解决这一问题的方法是进一步研究土壤空间变异的结构性,即应用地质统计学的方法研究土壤养分空间变异结构。

### 2.2 土壤有效磷空间变异的统计学分析

2.2.1 数据的正态性检验 只有数据符合正态分布时,地统计学分析方法才能得到较好的结果。经分析原数据中,A层土壤有效磷偏态数为 2.12,峰态数为 9.45;E层土壤有效磷偏态数为 2.21,峰态数为 8.92。一般偏态数(Skewness)的值  $S > 0$  波峰偏左,  $S < 0$  波峰偏右,  $S = 0$  波峰在中间;峰态数(Kurtosis)的值  $K < 3$  表示波峰较缓,  $K > 3$  表示波峰较陡,  $K = 3$  波峰符合正态分布特性。所以原数据均不符合正态分布,所以必须进行转换。

通过比较分析,将原始数据进行对数值变换,A层土壤有效磷偏态数为 -0.50,峰态数为 2.91;E层土壤有效磷偏态数为 0.19,峰态数为 2.18 较符合正态分

布要求。

2.2.2 半方差函数的拟合 利用球状模型对 A、E 两层土壤的有效磷养分进行半方差函数拟合,表明有效磷养分空间变异存在明显的结构特征,具体数据见表 2。按区域化变量空间相关性程度的分级标准,  $C_0/(C_0+C) < 25\%$  时,变量具有强烈的空间相关性,在 25%~75% 为中等空间相关;  $> 75\%$  变量空间相关性弱。有效磷  $C_0/(C_0+C)$  比值分别为 47.63% 和 34.87%,因此土壤有效磷 A、E 两层具有中等至较强程度空间相关性,且 E 层的空间相关性更强。表明虽然利用经典统计学分析 E 层土壤具有较大的变异性,但从空间相关的角度分析,E 层土壤有效磷反而具有更强的相关性。两层土壤的最大相关距离都在 85 m 左右。

2.2.3 两层土壤有效磷养分拟合结果 图 1 和图 2 分别为 A、E 两层的克里金插值结果。A 层有效磷养分拟合值与真实值的均值相差 1.52,方差相差 23.73;E 层有效磷养分拟合值与真实值相差 -0.62,方差相差 21.95。

表2 土壤有效磷养分空间变异参数

养分项目	块金方差( $C_0$ )	基台值( $C_0+C$ )	块金方差/基台值( $C_0/(C+C_0)$ )	最大相关距离/m	模型
A层	0.2993	0.6284	0.4763	84.86	球状
E层	0.2605	0.7471	0.3487	83.98	球状

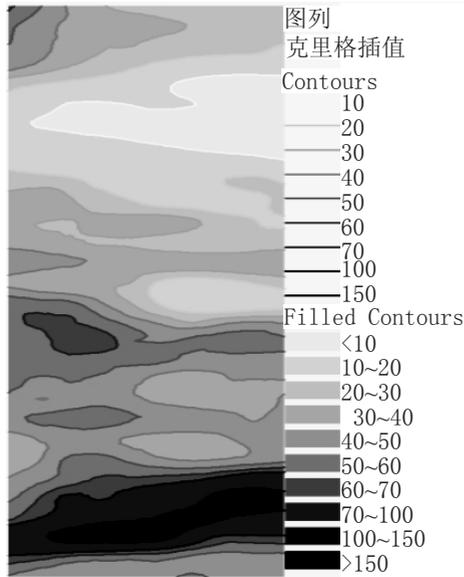


图1 A层拟合结果

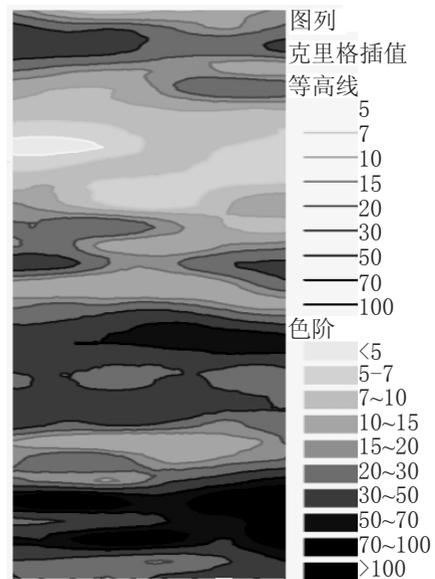


图2 E层拟合结果

### 3 小结

(1)通过对试验地土壤有效磷养分的数据统计分析表明:草甸白浆土有效磷养分具有一定的变异性,变异程度处于中等至强变异之间。

(2)利用地质统计学分析草甸白浆土有效磷养分空间结构。结果表明:土壤有效磷最大相关距离在85 m左右。两层土壤的块金方差/基台值分别为47.63%和34.87%,具有中等至较强程度的空间相关性,且E层土壤有效磷的空间相关性反而大于A层土壤的,这与经典统计学的分析结果相反,说明从空间的角度可以更好的分析土壤养分的变异规律。

(3)利用地质统计学分析得到的两层土壤的块金方差、基台值、最大相关距离等参数值基本一致,说明了结果可靠,在大庆地区具有一定的参考价值。

### 参考文献

[1] 姜城,杨俐苹,金继运,等.土壤养分变异与合理取样数量[J].植物营养与肥料学报,2001,7(3):262-270.  
 [2] 盛建东,肖华,武红旗,等.不同取样尺度农田土壤速效养分空间变异特征初步研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):63-67.  
 [3] 王珂,沈掌泉,John S Bailey,等.精确农业田间土壤空间变异与采样

方式研究[J].农业工程学报,2001,17(3):33-36.

[4] Bailey. J. S, Wang, Jorda, et al. Use of precision agricultural technology to investigate spatial variability in nitrogen yields in cut grassland[J].ChemosPhere,2001,42:131-140.  
 [5] 黄绍文,金继运.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.  
 [6] 许红卫.田间土壤养分与作物产量的时空变异及其相关性研究[D].杭州:浙江大学,2004:1-5.  
 [7] 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,2006,12(1):37-43.  
 [8] 朱安宁,张佳宝,张玉铭,等.潮褐土土壤养分的空间分布特征[J].土壤通报,2004,35(2):97-101.  
 [9] 李双异,刘慧屿,张旭东,等.东北黑土地区主要土壤肥力质量指标的空间变异性[J].土壤通报,2006,37(2):220-225.  
 [10] 孙洪泉.地质统计学及其应用[M].北京:中国矿业大学出版社,1990:51-60.  
 [11] Trangmar B B, Yost R S, Uehara G. Application of geo-statistics to spatial studies of soil properties[J]. Advances in Agronomy, 1985, 38:45-94.  
 [12] Wang J, Fu B J, Qiu Y, et al. Geo-statistical analysis of soil moisture variability on Da Nangou catchment of loess plateau, China [J]. Environmental Geology, 2001,41:113-120.  
 [13] 张少良.哈尔滨市农田黑土养分空间分布特征分析[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2007:5-10.