

# 嫩江县土壤速效养分差异性分析

张久明,宿庆瑞,迟凤琴,匡恩俊

(黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**利用地统计学和 GIS 相结合的方法分析了嫩江县土壤速效养分空间异质性。采集土壤表层 0~20 cm 土样 6 900 个,采集土地利用类型为耕地,面积约 35.6 万  $\text{hm}^2$ ,进行化验分析和空间分析。结果表明:速效氮、速效磷、速效钾变异系数均在 0.1~1.0,为中等变异;土壤速效磷的理论模型均为指数模型;速效氮和速效钾理论模型为球状模型;速效磷、速效钾的  $C_0/(C_0+C)$  分别为 49.9%、50.2%,在 25%~75%,变量具有中等空间相关性,而速效氮的  $C_0/(C_0+C)$  为 79.5%,变量空间相关性较弱,表明土壤养分速效氮受随机性因子影响较大。

**关键词:**空间异质性;黑土;土壤养分;地统计学

**中图分类号:**S151.9

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)03-0038-03

土壤是指覆盖在地球表面上具有一定肥力并能生长植物的疏松层,是受自然因素(母质、气候、生物、地形与时间)以及人为因素共同作用而形成的,是不均一和变化的时空连续体,具有高度的空间变异性。地统计学是分析土壤性状空间分布和空间异质性的最有效方法之一<sup>[1-2]</sup>。土壤养分的空间变异性就是指土壤中所含养分在不同空间位置所表现的差异性,GIS 软件与地统计学软件相结合可以在空间结构和空间变异尺度方面弥补以概率论为基础的经典统计分析方法在结构和过程分析方面的不足,并且有效地解释养分的空间分布格局对生态过程和功能的影响<sup>[3]</sup>。嫩江县是黑龙江省的大豆、小麦、马铃薯的生产基地,土壤条件肥沃,生态环境良好,由于农民不懂科学施肥知识,施肥不合理,使生产水平降低,大豆单产常年徘徊在 2 250  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  左右,而且由于不合理施肥造成土壤污染、土壤酸化、抗灾能力弱。因此,在嫩江县从保证粮食安全、农业可持续发展战略高度,分析嫩江县土壤的速效养分空间异质性,绘出养分空间分布图,旨在为嫩江县土壤养分管理和平衡施肥提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

嫩江县位于黑龙江省西北部,地跨东经 124°44'~126°49',北纬 48°42'~51°00'。北依伊勒呼里山,与呼玛县交界;东接小兴安岭,与爱辉区、孙吴县、五大连池市毗邻;西邻嫩江,与内蒙古自治区莫力达瓦达斡尔族自治旗、鄂伦春自治旗隔江相望;南连松嫩平原,与讷河市接壤,总面积 1.5 万  $\text{km}^2$ 。现辖 13 个乡镇 145 个行政村,有 22 个部队农场,农垦九三分局下辖 11 个农场,有 17 个民族,人口 50 万人,其中农垦系统及部队农场 17 万人。气候属中温带半湿润大陆季风气候,年均气温 0.4℃,有效积温 1 600~2 500℃,降雨量 550~600 mm。

### 1.2 数据采集

样本采集于 2006 年秋收后。用 GPS 定位、随机均匀布点采样。在每个采样点处约 1  $\text{hm}^2$  范围内采集 5 个点组成一个混合土样,采集土壤表层 0~20 cm 土样 6 900 个,采样面积为 35.6 万  $\text{hm}^2$ ,经风干、剔除杂质、磨细后送往实验室进行化验分析。参照鲁如坤主编的《土壤农业化学分析方法》<sup>[4]</sup>测定土壤养分含量。碱解氮采用碱解扩散法测定,速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法,速效钾采用乙酸氨提取法测定。

### 1.3 分析方法

样品的描述性分析采用 SPSS 16 软件包,变异函数分析采用地统计学软件 GS+5.3 b。变异

收稿日期:2009-12-02

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD05B05;2007BAD89B05)

第一作者简介:张久明(1980-),男,黑龙江省绥滨县人,硕士,研究实习员,主要从事土壤肥力和 3S 应用研究。E-mail:zjm\_8049@163.com。

函数是以区域化变量理论为基础分析自然现象空间变异和空间相关的统计学<sup>[5-6]</sup>。目前变异函数分析在生态学中的应用被证明是一个有效的描述空间数据的方法<sup>[7]</sup>。假设区域化变量满足二阶平稳和本征假设,用于估计变异函数  $\gamma(h)$  的公式为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(X_i+h) - Z(X_i)]^2 \quad (1)$$

其中  $n(h)$  为由距离  $h$  分隔的观测点的对数; $h$  为滞后距离(Lag); $Z(X_i+h)$  和  $Z(X_i)$  分别为区域化变量  $Z(X)$  在位置  $X_i+h$  和  $X_i$  的实测值。

土壤养分空间分布图利用 ArcGIS 9.2 软件平面空间分析功能 Kriging 内插值的方法绘制。Kriging 法是用一个采样点的养分状况推测其周围未采样点的养分特征,将不连续的点状数据形成连续的面状区域,来描述整个研究区域的土壤养分空间变异特征。

表 1 土壤养分指标描述性统计量分析

土壤养分指标	最大值	最小值	平均值	标准偏差	变异系数	倾斜度	峭度
速效氮/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	397.6	54.5	220.7	64.70	0.29	0.58	-0.13
速效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	199.7	6.6	61.9	37.62	0.61	1.25	2.41
速效钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	397.9	24.8	172.7	66.81	0.39	0.72	0.38

注: \* 样本数,  $n=6\ 900$ 。

表 2 研究区土壤各元素含量正态分布检验

项目	速效氮	速效磷	速效钾
N	6 900	6 900	6 900
$P_{K-S}$	0.286	0.508	0.311

注: \* 表示该元素  $P_{K-S} > 0.05$ , 服从正态分布。

## 2.2 地统计学分析

2.2.1 土壤养分性状空间异质性分析 土壤的变异可分为系统变异和随机变异两类。系统变异是由那些土壤形成因素相互作用造成的,随机变异是那些可以观测到但与土壤形成因素无关因素造成的<sup>[10]</sup>。结构性因子决定系统变异,人为的随机因子决定随机变异。一般结构性因子是指土壤形成过程中的成土母质、地形、地下水位及形成的土壤类型等;随机因子是指土壤管理过程的施肥、种植的作物、耕作栽培措施等。通常,结构性因子促使土壤养分含量具有较强的空间相关性,而随机性因子促使土壤养分含量的空间相关性减弱。表 3 是变异函数的理论模型及有关参数。块金值( $C_0$ )表示随机因素引起的变异,基台值( $C_0+C$ )表示系统总的变异。块金值和基台值的比值  $C_0/$

## 2 结果与分析

### 2.1 变异性分析

平均数和中数是表示样品中心趋向分布的一种测度;标准差和变异系数则表述抽样样本的变异程度;偏度和峰度是描述数据分布形态的统计量,其中偏度是描述其变量取值分布对称性的统计量,分布对称时  $S_k=0$ ,正偏时  $S_k>0$ ,负偏时  $S_k<0$ ;而峰度是描述某变量所有取值分布形态陡缓程度的统计量,峰度越接近 0 表示其数据分布与正态分布的陡缓程度相同<sup>[8-9]</sup>。数据经 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test (K-S) 进行检验,检验时取显著水平  $\alpha=0.05$ ,若  $P_{K-S}>0.05$ ,则认为数据服从正态分布。由表 1 可知速效氮、速效磷、速效钾变异系数均在 0.1~0.9,为中等变异;变异系数的差异反映了土壤养分含量变化的程度大小,其中速效磷大于速效钾大于速效氮。表 2 中显示速效氮、速效磷、速效钾均符合正态分布。

( $C_0+C$ )说明速效磷和速效钾随机因素为 50.1%和 50.2%,表明随机因素和结构因素的影响基本相当,而速效氮主要是受随机性因素影响占总变异的 79.5%。变程也是十分重要的参数,表示样点之间的最大相关距离。当  $h \geq a$  以后,区域化变量  $Z(x)$  空间相关性消失,在表 3 中可知速效磷的变程为 123.3 km;速效氮和速效钾变程,分别为 39.8 和 41.1 km。因此在嫩江对土壤速效氮、速效磷、速效钾的空间取样调查的距离分别应小于 39.8、123.3 和 41.1 km。

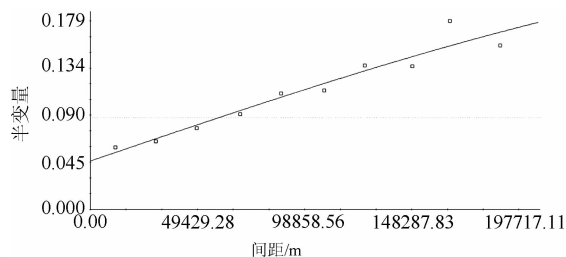


图 1 土壤速效氮半方差函数曲线

球状模型  $C_0=0.045\ 90$ ;  $C_0+C=0.231\ 80$ ;  
 $A_0=398\ 100.00$ ;  $r_2=0.934$ ;  $RSS=9.459E-04$

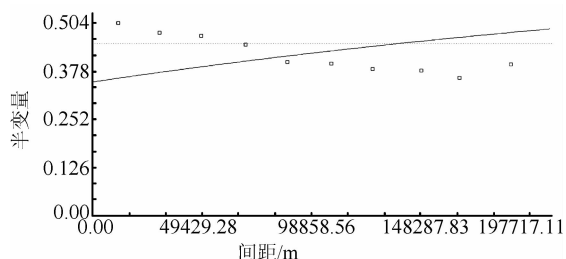


图2 土壤速效磷半方差函数曲线图  
指数模型  $C_0=0.3500$ ;  $C_0+C=0.7010$ ;  
 $A_0=411\ 000.00$ ;  $r_2=0.861$ ;  $RSS=0.069\ 1$

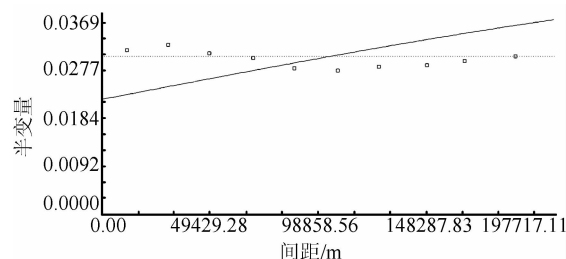


图3 土壤速效钾半方差函数曲线图  
球状模型  $C_0=0.022\ 10$ ;  $C_0+C=0.044\ 30$ ;  
 $A_0=411\ 000.00$ ;  $r_2=0.322$ ;  $RSS=2.777E-04$

表3 变异函数理论模型及相应参数

项目	理论模型	块金值( $C_0$ )	基台值( $C_0+C$ )	块金值/基台值 ( $C_0/(C_0+C)$ )	变程/km	决定系数	残差
速效氮	球状模型	0.0459	0.2318	0.795	39.8	0.934	9.5E-04
速效磷	指数模型	0.3500	0.7010	0.499	123.3	0.861	6.9E-02
速效钾	球状模型	0.0221	0.0443	0.502	41.1	0.322	2.8E-04

2.2.2 土壤养分的空间分布 在图4中可知,土壤速效氮含量较高,全县大部分面积速效氮的含量在  $168.9\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  以上。因此,建议在大豆施肥时适当减少氮肥的用量,这与速效氮主要是受随机性因素影响占总变异的 79.5% 相一致;土壤速效磷水平也较高,土壤速效磷含量多在  $38.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  以上,这说明长期过量施用磷肥所至,因此对于磷肥的施用要适当加以控制;土壤速效钾含量处于偏低的水平,  $149.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  以下的面积较大,较高的区域在西部和中部零星地块,所以在生产中要根据实际情况适当补充钾肥。

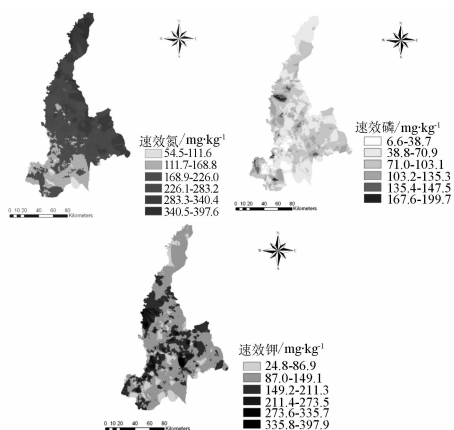


图4 土壤速效氮、磷、钾的克立金插值图

### 3 结论

嫩江县土壤速效养分具有中等的空间变异性。土壤速效磷和速效钾养分空间分布受结构性因子和随机性因子影响基本相同,而速效氮受随机性因子影响较大。速效氮的含量平均为  $220.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  含量较高;速效磷和速效钾的较

高区域分布较为零散,平均含量分别为  $61.9$  和  $172.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效磷含量偏高,速效钾含量偏低。速效氮、速效磷、速效钾变异系数在  $0.1\sim 0.9$  为中等变异;土壤速效磷的理论模型均为指数模型;速效氮和速效钾理论模型为球状模型;速效磷和速效钾块金值和基台值的比值  $C_0/(C_0+C)$  为  $49.9\%$  和  $50.2\%$ ,表明随机性因素和结构性因素的影响基本相当,而速效氮主要是受随机性因素影响占总变异的 79.5%,这与当地的施肥量过高有关。

### 参考文献:

- [1] 王政权. 地统计学及其在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 102-149.
- [2] 姜勇. 沈阳市郊耕地土壤交换性铁含量的空间异质性[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 119-121.
- [3] 郭旭东, 傅薄杰, 马克明, 等. 基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间异质性研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 557-563.
- [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [5] Cressie N A C. Statistics for spatial data[M]. New York: USA, 1991.
- [6] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in the field[J]. Advance in Soil Science, 1985, 3: 70.
- [7] Legendre P, Fortin M J. Spatial pattern and ecological analysis[J]. Vegetatio, 1989, 80: 107-138.
- [8] 余建英, 何旭宏. 数理统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [9] 孟凯, 王德录. 黑土有机质分解积累及其变化规律[J]. 土壤与环境, 2002, 11(1): 42-46.
- [10] Rossi R E, Mulla D J, Gjournal A, Franz E H. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence [J]. Ecological Monographs, 1992, 62: 277-314.

# 浅谈鸡东县测土配方施肥体系的建立

李宝山,申惠明

(黑龙江省鸡东县农业技术推广中心,黑龙江 鸡东,158200)

**摘要:**开展测土配方施肥是贯彻落实科学发展观,发展现代农业的重大举措。实施好测土配方施肥对于提高粮食单产、降低生产成本、培肥土壤具有重要的现实意义。通过项目的实施,加强了技术的完善配套,并着力构建科学的测土配方施肥三大体系:即测土配方施肥技术体系、测土配方施肥农化服务体系和测土配方施肥和谐肥料产业体系。

**关键词:**测土配方施肥;体系;建设

**中图分类号:**S147

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)03-0041-03

2006年鸡东县被农业部、财政部列为“中央财政测土配方施肥试点补贴资金续建项目”县,并围绕:测土、配方、配肥、供应、施肥指导5个核心环节,启动测土配方施肥试点补贴资金项目,农业部门全力以赴、真抓实干,农业技术人员深入基层、相关部门积极配合,试验示范工作取得了初步成效。项目的实施对于鸡东县提高肥料利用率、降低农业生产成本、保护生态环境、提高农作

物品质,实现粮食增产、农业增效、农民增收都产生了很大的促进作用<sup>[1-6]</sup>。通过项目的实施,加强了技术的完善配套,并着力构建科学的测土配方施肥三大体系:即测土配方施肥技术体系、测土配方施肥农化服务体系和测土配方施肥和谐肥料产业体系。在这3个体系中,建立技术体系是基础,建立农化服务体系是保障,建立和谐肥料产业体系是目标。

## 1 建立科学测土配方施肥技术体系

### 1.1 测土配方施肥技术体系的具体内容

在深入了解作物需肥规律和土壤供肥能力的基础上,制定出科学、有效、操作性强的肥料施用

收稿日期:2009-10-10

第一作者简介:李宝山(1958-),男,黑龙江省鸡东县人,高级农艺师,从事农业技术推广工作。E-mail:jdlbsh@163.com。

## Difference Analysis on Nutrient Content of Soil in Nenjiang County

ZHANG Jiu-ming, Xu Qing-rui, CHI Feng-qin, KUANG En-jun

(Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition in Heilongjiang Province, Soil and Fertilizer and Environmental Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** Geostatistics method and Geographic information systems (GIS) were introduced to study soil nutrient spatial heterogeneity in Nenjiang county of Heilongjiang province. 6 900 soil samples at the depth 0~20 cm were collected over 356 000 hm<sup>2</sup> farmland and measured with routine chemical methods and spatial analysis. The results showed that the soil available N, available P and available K were medium variation, and the coefficients of variation (CV) were all between 0.1 and 0.9; The theoretic model of available P is exponent; The theoretic models of available N and available K are spheroid; The ratios between C<sub>0</sub> and C<sub>0</sub>+C of available P and available K were 49.9% and 50.2%, between 25% and 75%, respectively, which indicates the medium spatial correlation of these two nutrients; The ratios between C<sub>0</sub> and C<sub>0</sub>+C of available N was 79.5%, it indicates weak spatial correlation, and available N was strongly affected by random factors.

**Key words:** spatial heterogeneity; black soil; soil nutrients; geostatistics