

基于 GIS 的土壤有机质时空变异分析

夏 睿¹, 黄元仿²

(1. 黑龙江省林业设计研究院, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193)

摘要:为了研究城郊地区集约型土地利用方式对土壤性质的影响,以北京东郊的顺义区为例,利用 GIS 技术及地统计学对 20 世纪 80 年代土壤二次普查和 2007 年两期土壤有机质进行了空间分布特征的对比与分析研究。结果表明:经过 20 多年时间研究区土壤有机质含量整体呈上升趋势,东部与南部地区上升明显,两期土壤有机质空间分布特征总体一致,这种分布格局是自然和人为利用因素共同作用的结果。当地土地利用方式变化对土壤有机质产生正面影响,从精准农业角度出发研究结论对科学的农业管理措施具有指导性意义。

关键词:GIS; 时空变异; 地统计学; 土壤有机质

中图分类号:S153.6⁺21

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)04-0058-04

继土壤有机质(SOM)研究成为土壤学、环境化学和地球化学的研究热点后,结合地统计学的 SOM 空间变异研究也被广泛关注。地统计学是以区域化变量为基础,以半方差函数为基本工具,研究在空间分布上既有随机性又有结构性的自然现象的科学^[1]。地统计学弥补了传统统计学纯随机变量而不具有空间相关性的特性,现已被大量研究证实是研究土壤空间变异性质的有效方法^[2]。应用地统计揭示土壤有机质含量变化的时空变异规律可以为土壤肥力评价和管理提供指导,实现土壤可持续利用和区域可持续发展^[3]。随着城市化进程的加快,大城市边缘区的土地利用类型变动剧烈。就农用地而言,无论是利用结构,还是经营管理措施都发生了很大的变化。位于北京东北郊的顺义区,从一个粮食生产为主的农业区演变成北京市重要的蔬菜水果生产基地,从区域土地利用类型变化方面在中国北方具有很强的代表性。这种集约型种植制度、以市场为导向的土地利用方式演化对土壤性质即 SOM 含量空间分布在一段时间内产生的影响,值得更深入地研究,以期区域土壤肥力管理决策提供指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况及数据获取与处理

顺义区位于北京市东北郊,地处燕山南麓,

华北平原北端, N40°00′~40°18′, E116°28′~116°58′。研究区总面积 1 021 m², 平原面积占 95.7%, 林木覆盖率达 24.6%。土壤类型以潮土、褐土为主, 占全区土壤面积的 73% 和 24%。研究区属暖温半湿润大陆性气候, 四季分明, 年平均气温 11.5℃, 年日照时数 2 750 h, 有效积温 4 500℃, 无霜期 195 d 左右, 年平均降水量 625 mm, 降水一般集中在 7~8 月。粮食作物主要有玉米、小麦和豆类, 经济作物有花生和棉花等, 其它农作物还有蔬菜、瓜果和花卉等。

收集和整理了顺义区 20 世纪 80 年代土壤第二次普查期农化样点数据及 2007 年土壤采样数据, 2007 年 1:5 万行政区划图和土壤图。农化样点数据记录了第二次土壤普查时所采土壤样点的权属位置、土种类型以及化验数据, 并以纸质表格形式存在。农化样点数据的数字化包括点位的上图以及相应属性数据的挂接。农化样点上图方案为: 若农化样有土种说明, 则在所属村及土种内定位; 如果农化样没有土种说明, 就在所属村内布点定位。土壤采样时间为 2007 年 5 月。土壤采样层次为 0~25 cm。有机质采用重铬酸钾氧化容量法——外加热法测定。

1.2 研究方法

采用传统统计学分析与地统计学分析相结合的方法。传统统计分析应用软件 SPSS13.0、Excel; 进行矢量图的绘制、合并和修改, 地统计分析及克里格插值应用 ArcGIS 9.0 等进行研究。

收稿日期: 2012-01-08

第一作者简介: 夏睿(1984-), 女, 黑龙江省哈尔滨市人, 硕士, 从事农业水土工程和水土保持研究。E-mail: summary_02@163.com。

2 结果与分析

2.1 传统统计结果分析

2.1.1 异常值分析与剔除 由于异常值的存在会造成变量克里格插值的连续表面中断,使得实验半方差函数发生畸变,掩盖变量固有的空间结构特征^[4],因而在空间结构描述之前,需要对异常值进行判别和剔除。结合传统统计方法和 ArcGIS 中 Geoanalyst 模块的 Voronoi 分析图对 20

世纪 80 年代和 2007 年两期 SOM 原始数据进行异常值分析,经剔除处理后得到 SOM2007 样点数据 1 118 个,SOM1980s 样点数据 834 个。

2.1.2 正态性检验 地统计学要求原始数据符合正态分布,否则会导致比例效应,使实际变异函数值产生畸变,基台值和块金值增大,导致估计精度降低。通过对原始数据取对数可以消除比例效应。

表 1 概率分布形态参数及正态 K-S 检验结果分析

Table 1 Shape parameters of probability distributions and significance level of Kolmogorov-Smirnov test

数据集 Data	样本点数 Sample points	数据变换 Transformation	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	K-S 检验 P 值 K-S P value
SOM1980s	834	原始数据	0.349	-0.315	0.020
		对数转换	-0.124	-0.355	0.402
SOM2007	1118	原始数据	0.190	0.282	0.106

对异常值处理后的 20 世纪 80 年代和 2007 年两期 SOM 数据计算了样本的概率分布形态参数,并采用 Kolmogorov-Smirnov(K-S)方法进行正态分布检验。根据检验结果,SOM1980s 数据偏度略大,呈正偏,有轻微的右拖尾,没有通过 0.05 水平上的 K-S 检验(K-S $P=0.02$),对 SOM1980s 数据进行了对数转换(见表 1);SOM2007 数据符合正态分布。

了基本统计参数(见表 2)。可知,SOM1980s 数据变异系数较小,为 0.11;样本平均值为 10.96 g·kg⁻¹,SOM 平均含量水平较低。SOM2007 数据极差很大,变异系数为 0.25,较 SOM1980s 数据变异度增长大,但仍属中等变异强度;样本均值为 13.58 g·kg⁻¹,较 20 世纪 80 年代增长 24%。可以看出研究区 2007 年 SOM 含量整体水平上较全国土壤第二次普查期有一定提高。

2.1.3 描述性统计特征 对两期数据分别计算

表 2 20 世纪 80 年代和 2007 年土壤有机质含量统计特征

Table 2 Statistical characteristics of 1980s and 2007 SOM content

数据集 Data	土壤有机质含量 1 g·kg ⁻¹ SOM content								标准差 SD	变异系数 CV
	最小值 Min	5%	25%	中值 Median	75%	95%	最大值 Max	均值 Average		
SOM1980s	6.10	7.70	9.40	10.70	12.50	14.73	17.30	10.96	2.19	0.11
SOM2007	2.26	8.52	11.53	13.31	15.64	19.42	24.06	13.58	3.32	0.25

2.2 地统计结果分析

通过 ArcGIS9.0 软件的 Geostatistics 模块进行半方差结构的拟合与插值,其中涉及数据转换、趋势面剔除、各向异性验证、函数模型的选择与主要特征参数的调节、步长组数的确定以及搜索域的确定等过程的测算。

满足平稳假设需要剔除全局趋势,然后可以用模型来拟合剩余部分的数据即随机变异。最后为了获得合理的预测,必须将全局趋势再还原回去。一般由于受成土因素等自然因素的影响,区域土壤性质的空间分布常呈明显的趋势特征和异向性分布^[5]。根据研究区两期 SOM 含量的趋势分析,结合普通 Kriging 插值方法所产生的插值预测误差,确定研究区 20 世纪 80 年代和 2007 年两期数据均为一阶趋势。

2.2.1 趋势效应分析 一个由空间插值所生成预测表面主要由确定的全局趋势和随机的短程变异两部分组成。在运用地统计插值的过程中为了

2.2.2 半方差结构分析 半方差函数反映了土壤特性的空间变异结构,半方差函数图是半方差函数值 $r(h)$ 对应距离 h 的函数。对两期 SOM 数据的指数模型、球状模型、高斯模型进行比较,以普通 Kriging 插值方法所产生的预测误差为指示参数,考虑各向异性,选取最优模型。表 3 为两期 SOM 数据不同模型预测误差比较,结合模型评价

标准:(1)平均误差 ME 的绝对值最接近于 0;(2)标准化平均误差 MSE 最接近于 0;(3)平均标准误差 ASE 与均方根误差 RMSE 最接近;(4)标准化均方根误差 RMSSE 最接近于 1。最终 SOM 2007 数据选择指数模型,SOM 1980s 数据选择球状模型。

表 3 20 世纪 80 年代和 2007 年土壤有机质不同模型预测误差比较

Table 3 Comparison of different model predication errors of SOM1980s data and SOM 2007 data										
模型 Model	平均误差 ME	20 世纪 80 年代 1980s				平均误差 ME	2007 年 Year of 2007			
		均方根 误差 RMSE	平均标 准误差 ASE	标准化平 均误差 MSE	标准化均 方根误差 RMSSE		均方根 误差 RMSE	平均标 准误差 ASE	标准化平 均误差 MSE	标准化均 方根误差 RMSSE
球状 Spheroid	2.71×10^{-4}	1.61	1.71	-2.92×10^{-4}	9.32×10^{-1}	5.66×10^{-2}	2.99	3.10	1.89×10^{-3}	9.63×10^{-1}
指数 Expomential	-4.30×10^{-3}	1.60	1.65	-2.40×10^{-3}	9.66×10^{-1}	6.25×10^{-5}	2.95	3.02	2.50×10^{-4}	9.76×10^{-1}
高斯 Gauss	-6.24×10^{-3}	1.64	1.76	-4.41×10^{-3}	9.30×10^{-1}	1.05×10^{-3}	3.01	3.15	3.71×10^{-4}	9.54×10^{-1}

土壤异质性是结构性因素和随机因素共同作用的结果。土壤变异的程度取决于土壤形成过程以及其在空间时间上的平衡。土壤母质、气候、地形及生物活动(包括人类活动)上的差异往往是使土壤性状产生变异的主要因素^[6]。表 4 是两期数据半方差函数模型的具体参数信息,研究区两期数据长短轴相差较大,表现出明显的各向异性;SOM2007 与 SOM1980s 的变程较为相近,说明空间相关距变化不明显。 C_0 表示块金方差,即间距为 0 时的半方差值,是由实验误差和小于取样尺度上施肥、耕作、灌溉及管理水平的随机因素共同引起的变异。块金系数 $C_0/(C_0+C)$ 表示空间

变异性程度,即随机部分引起的空间变异性占系统总变异的比率^[7]。从 $C_0/(C_0+C_1)$ 可以看出两期数据都呈中等空间相关性(比值在 0.25~0.75),其中 SOM1980s 小于 SOM2007,说明 20 世纪 80 年代数据空间自相关性要强于 2007 年。经过 20 多年的家庭承包责任制的农田管理模式,土地利用方式、管理水平的不一致导致区域土壤有机质含量变异性增强、削弱了空间自相关性;但同时由于研究区跨域较大,地形、土类、气候等自然因素对土壤有机质的空间分布有一定影响,可能解释两期 SOM 空间相关距变化不明显的原因。

表 4 半方差函数模型及其相关参数

Table 4 The semi-variogram model of SOM content and its parameters							
数据 Data	模型 Model	趋势 Trend	变程/km Range		各向异性比 Anisotropic Ratio	块金(C_0) Nugget	基台(C_0+C_1) Sill
			长轴 Longaxle	短轴 Shortaxle			
SOM2007	指数	一阶	19.4	11.4	1.71	8.027	11.369
Ln(SOM1980s)	球状	一阶	18.9	11.1	1.70	0.020	0.036

2.2.3 土壤有机质时空变异格局分析 研究基于以上半方差函数结构分析及相应拟合模型,考虑一阶趋势参数和各向异性,采用普通 Kriging 方法插值,获得两期 SOM 含量的等值线图(见图 1)。为使插值图效果最大化体现变量分布空间差异性,两期数据等值线图的图斑分级未采用统一

标准。从图 1 可以看到,20 世纪 80 年代研究区土壤有机质含量总体呈现西部较高东部偏低,中部的南彩镇、李遂镇、李家桥镇地区相对更高。研究区东部各镇地区的土壤有机质含量大部分在 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以下,即土壤第二次普查期有机质分级的五级以下,SOM 含量整体水平较低。

研究区 2007 年土壤有机质空间分布格局与 20 世纪 80 年代在分布趋势上大体一致,中部与西南部 SOM 含量最高,东部偏低。这种分布特征可能与研究区的地形有关,即中部和西南部的高程相对其它地区较高,在 500~1 000 m,为低山区。高程越高温度越低,降水越多,土壤微生物

活性低,这都有利于土壤 SOM 的积累。经 20 多年的土地利用,东部地区的 SOM 含量比 20 世纪 80 年代明显提高,20 世纪 80 年代东部大部分地区 SOM 含量在 $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下,而 2007 年 SOM 含量基本都在 $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上。

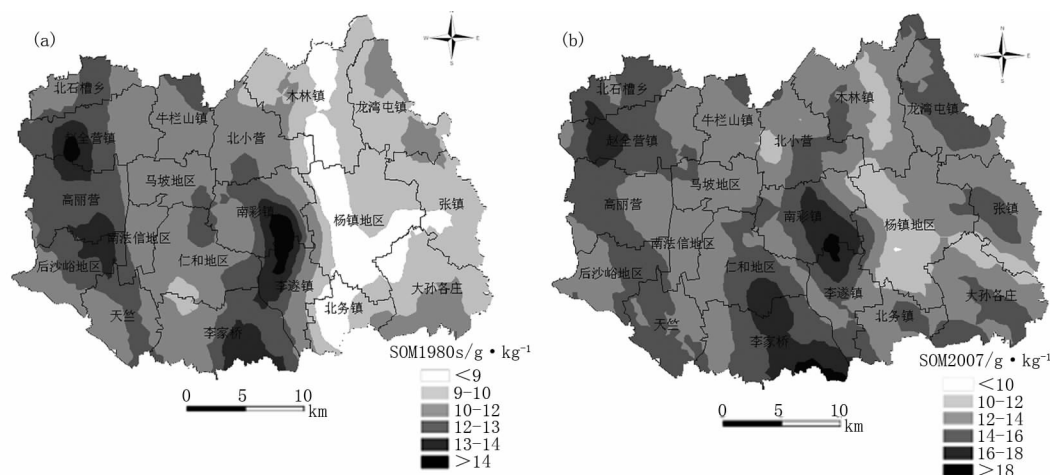


图 1 20 世纪 80 年代和 2007 年顺义区 SOM 空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of the SOM content in 1980s(a) and 2007(b)

3 结论与讨论

通过传统统计、地统计与 GIS 相结合的方法,采用 20 世纪 80 年代及 2007 年两期 SOM 数据,在县域尺度上对北京市顺义区 SOM 时空变异规律分析后表明,研究区 20 世纪 80 年代和 2007 年两期土壤有机质样本数据分别呈对数正态分布和正态分布,均属中等变异程度,说明空间变异特征受自然因素和人为因素的共同影响。2007 年 SOM 样本含量较 20 世纪 80 年代高,且变异度升高。在空间分布上,两期 SOM 含量分布大体趋势上一致,但在研究区南部与东部几个镇 2007 年 SOM 含量增加程度更加明显。

20 世纪 80 年代以后,城郊农业逐渐步入市场化轨道,更为集约的土地利用模式以及市场为导向的经济作物种植,都要求更高的土壤肥力及较高的有机质含量,从而致使农民向土地投入的肥量也大大升高。近年来顺义区的东南部土地利用方式多转为菜地,东部、东北部地区大量果园地出现,土壤化肥、有机肥的高投入可能是导致研究区大部分地区 SOM 含量呈增加趋势的原因之一;人为因素作用成为研究区近 20 多年 SOM 空间异质性升高的最主要原因。农村土地联产承

包责任制决定了我国目前农业生产管理仍是分散经营模式,主要以农户为单位,土壤的异质性高。在农业生产中,应充分考虑各区域土壤养分的空间变异性特征,从精准农业的角度,因地制宜地采取施肥、灌溉及其它土壤管理措施,可实现农业资源与环境资源的科学和可持续利用。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 杨忠华, 刘方, 赵泽英, 等. 基于 GIS 和地统计学的农田土壤养分空间变异性研究[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(9): 120-123.
- [3] Six J, Elliott E T, Paustian K, et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils[J]. Soil Sci., 1998, 62: 1367-1377.
- [4] 张仁铎. 空间变异理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [5] 黄元仿, 周志宇, 等. 干旱荒漠区土壤有机质空间变异特征[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2777-2781.
- [6] 张世文, 黄元仿, 苑小勇, 等. 县域尺度表层土壤质地空间变异与因素分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(6): 83-93.
- [7] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58: 1501-1511.

不同土壤水分条件下 SOD_M对水稻 生理、产量和品质的影响

赵 绘¹,慕向宾¹,王占林¹,高 鹏¹,杜吉到²

(1. 大庆高新区华美科技有限公司,黑龙江 大庆 163319;2. 黑龙江八一农垦大学 农学院,黑龙江 大庆 163319)

摘要:为了明确干旱胁迫条件下 SOD_M对水稻产量和品质的影响,测定了不同水分条件不同 SOD_M处理下水稻光合性能、内源激素、产量及产量因素、水稻品质等指标。结果表明:SOD_M处理能够显著增加水稻剑叶中叶绿素的含量、提高光合速率、改善水稻光合性能。SOD_M的施用能够增加细胞分裂素的含量而降低脱落酸和乙烯的含量。同时,SOD_M的施用提高了水稻的产量,改善了水稻的出糙率、精米率等加工品质和外观品质。

关键词:土壤水分;水稻;SOD_M;产量;品质

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)04-0062-04

在干旱条件下植物体内自由基大量产生会引发膜脂过氧化作用,造成细胞膜系统破坏,严重时导致植物细胞死亡^[1-2]。植物生长物质是由人工合成的,在植物体内具有生理活性的,以较小的剂量可起到较大调节效能的化合物^[3]。它可以调节

作物内部的新陈代谢,使植物能产生更高的糖分、蛋白质、更多的油脂和更优质的果实,从而获得在传统栽培条件下难于获得的效果^[4]。杜吉到等研究发现在大豆上喷施 SOD_M增加了单株有效荚数和单株粒数,对大豆产量增加有显著效果^[5]。该试验将研究在干旱胁迫条件下 SOD_M对水稻产量和品质的影响及其作用机理,为 SOD_M的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为九优 418(杂交稻梗稻品种)。施

收稿日期:2012-01-04

基金项目:大庆市科技成果转化资助项目(SCG2008-028);黑龙江省农业科技成果转化资助项目(NB08B014);科技部科技人员服务企业资助项目(2009GJB20016);黑龙江省科技成果转化推广计划资助项目(TC10B1104)

第一作者简介:赵绘(1970-),男,黑龙江省大庆市人,博士,从事超氧化物歧化酶模拟物在农业上的应用研究。E-mail:vincentzhao@yahoo.com.cn。

Analysis on the Spatial-Temporal Variability of Soil Organic Matter Based on GIS

XIA Rui¹,HUANG Yuan-fang²

(1. Heilongjiang Province Forestry Designing and Research Institute, Harbin, Heilongjiang 150080;2. Resources and Environment College of China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: In order to investigate the effect of different land use on soil properties in suburban area, taking Shunyi district in Beijing east suburb as example, the spatial distribution of soil organic matter in 1980 s and 2007 were compared and analyzed based on geostatistics and geographic information system (GIS). The results showed the SOM content in the district had been increasing from 1980 s to 2007 and this increasing effect was most significant at east and north of Shunyi district. The spatial distribution in 1980 s was similar to that in 2007, which was due to natural and artificial effects. The different land use had a positive influence on SOM, which had a guidance meaning for scientific agriculture management from the view of precision agriculture.

Key words: GIS; spatiotemporal variation; geostatistics; soil organic mater