

小流域土壤有机碳密度空间变异特征的尺度效应研究^①

李 龙¹, 姚云峰^{1*}, 秦富仓¹, 郭月峰¹, 王 欣¹, 常伟东²

(1 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010018; 2 内蒙古赤峰市敖汉旗林业局, 内蒙古赤峰 024300)

摘 要: 选择内蒙古赤峰市敖汉旗黄花甸子流域为研究对象, 运用地统计学和 ArcGIS 空间分析工具相结合的方法研究流域内土壤有机碳密度的多尺度空间变异特征以及其影响因素。结果表明, 土壤有机碳密度的空间变异性具有明显的多尺度效应, 随着研究尺度的增大, 土壤有机碳密度的块金系数逐级减小, 小尺度下土壤有机碳表现为中等程度空间相关性; 大、中尺度为强烈空间相关。结构性因素对土壤有机碳的空间变异作用逐渐增强, 而同时削弱随机因素对其变异所产生的影响。地形因子与 NDVI 对土壤有机碳密度均有显著影响, 大尺度的研究中, 环境因子与有机碳密度的相关性由大到小表现为海拔>坡度>NDVI>坡向; 中、小尺度的研究则表现为 NDVI>海拔>坡度>坡向。

关键词: 土壤有机碳密度; 空间变异; 尺度

中图分类号: S158.2

土壤的形成和演化过程都是十分复杂的自然综合体, 无论尺度大小, 土壤性质均存在空间异质性^[1]。在不同尺度上影响其空间变异的主导因子也存在显著差异。气候、土壤母质、地形地貌等因素在大尺度的研究中往往被视为影响土壤性质空间变异的主导因素^[2-3], 是指导当地生态建设的关键因素; 而中小尺度的取样研究中, 气候和地貌等因子对土壤的影响表现并不显著。因此多尺度的研究, 有助于更加准确理解土壤空间变异特性。

土壤有机质是表征土壤质量的重要因子, 精确地描绘其空间变异性, 对于区域农田土壤的环境管理以及作物产量提高有重要的实际意义^[4-5]。随着 3S 技术的飞速发展, 多尺度的土壤有机质的研究变得更加方便易行, 其结果也更加准确可靠^[6]。近年来, 地统计学的克里格空间插值法与 3S 技术的巧妙结合开始广泛应用到土壤碳库的研究中, 从局部和整体两个方面, 大中小多个尺度的综合研究又成为人们关注的热点。大尺度下土壤的空间变异研究可以改进和创新土壤分类系统, 提高土壤调查、制图的质量和精度; 中小尺度土壤性质的空间变异研究有利于合理布局种植结构和合理施肥, 为精准农业提供基础^[7-8]。

准确掌握土壤有机质的空间分布特征是合理施肥、土地结构调整的重要前提。单一尺度下的土壤空间变异特性研究, 不利于深入分析土壤特性的空间

变异结构特征^[9]。研究尺度由大到小地合理结合地形因子以及归一化植被指数(NDVI)对土壤有机碳密度(SOCD)的空间结构及其影响因素进行分析, 对不同景观位置下的土地开发和保护均具有重要的参考价值。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于赤峰市敖汉旗西部的黄花甸子流域, 地处 42°17' ~ 42°33'N, 119°36' ~ 119°53'E, 位于老哈河中游南岸, 科尔沁沙地南缘, 面积约为 30 km²。流域内总体属于低山丘陵区, 地势起伏不大, 海拔在 440 ~ 806 m 之间, 属于中温带半干旱大陆性季风气候区, 四季分明。年均降雨量多在 400 ~ 470 mm 之间, 年均蒸发量多在 2 290 ~ 2 400 mm 之间。全年日照数 2 940 ~ 3 060 h, 历年平均日照数 2 999.3 h, 10℃ 以上积温为 3 189℃。春季风力大持续时间较长, 年平均风速 4 ~ 6 m/s。土壤类型大部分为栗钙土, 伴随着少量的风沙土, 体现了森林土壤向草原土壤过渡的特点, pH 呈弱碱性到碱性, 全剖面具有石灰反应。该流域主要有天然草地、灌丛林、乔灌混交林、针阔混交林和阔叶纯林等森林植被类型, 主要以人工植被为主, 农作物主要以玉米、高粱等粮食作物为主。

基金项目: 内蒙古应用研究与开发计划项目(20110732)资助。

* 通讯作者(yaoyunfeng@aliyun.com)

作者简介: 李龙(1989—), 男, 吉林桦甸人, 博士研究生, 主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: lilongdhr@126.com

1.2 样品采集

采样是进行土壤变异性研究的第一步,将研究区按大、中、小 3 个采样尺度进行土壤样品的采集(表 1)。由于研究区属于低山丘陵区,土壤类型也较为单一,因此结合流域地形图与 2005 年土地利用现状图采样网格兼顾土地利用类型与海拔、坡度、坡向等地形因子设计采样网格大小,以 500 m×500 m 为基础网格向外扩展采样网格,于 2012 年 7 月采用 1 km×1 km、750 m×750 m 和 500 m×500 m 的网格法分别对研究区大、中、小 3 个尺度的研究进行采样,以网格节点为采样点,每个样点挖掘深 1 m,长 2 m,宽 1.5 m 土壤剖面,按 0~10、10~20、20~40、40~60、60~100 cm 划分 5 个层次分土层取土,每层取 3 个重复。

表 1 采样点基本信息表
Table 1 Basic information of samples

采样尺度	采样数	农地	林地	草地	其他利用地
大尺度	26	8	8	7	3
中尺度	46	15	16	12	3
小尺度	106	33	40	26	7
合计	178	56	64	45	13

1.3 研究方法

1.3.1 地统计学原理 地统计学(Geostatistics)也称为地质统计学,于 20 世纪 50 年代初开始形成,在法国著名统计学家 G. Matheron 的大量理论研究工作基础上形成一门新的统计学分支。地统计学是以变异函数理论和结构分析为基础,在有限区域内对区域化变量进行无偏最优估计的一种方法。

半变异函数又称半变差函数、半变异矩,是地统计分析的特有函数。区域化变量 $Z(x)$ 在点 x 和 $x+h$ 处的值 $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 差的方差的一半称为区域化变量 $Z(x)$ 的半变异函数,记为 $r(h)$ $r(h)$ 称为变异函数^[10]。

根据定义有:

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

式中: h 为两样本点空间分隔距离(m); $r(h)$ 是 h 的半方差函数值; $N(h)$ 是间隔距离等于 h 的样本点的对数; $Z(x_i)$ 为空间位置点 x_i 处指标的实测值; $Z(x_i+h)$ 为空间位置点 x_i+h 处指标的实测值。

1.3.2 数据提取 地形因子的提取是依据研究区 DEM 数据在 ArcGIS 中 3D 分析工具下提取海拔高度、坡度、坡向值(按顺时针方向从正北方向 0° 到重新回到正北方 360° 计算),得到每个采样点的地形因子数据。

一般认为生长季节 NDVI>0 表示有植被覆盖,其值增加表示绿色植被的增加,超过 0.5 表明植被生长状态好,覆盖密度大^[11]。使用 ENVI 对分辨率为 30 m 的 TM5 遥感影像(2012-07-20)进行大气矫正和辐射矫正,通过 ArcGIS10.0 对遥感影像重新配准,并根据公式计算得到 NDVI 值。

$$NDVI = (LNIR-LR)/(LNIR+LR) \quad (2)$$

式中,LR 表示红光波段 Band 3 的行星反射值;LNIR 表示近红外波段 Band 4 的行星反射值。

土壤有机碳密度是指单位面积一定深度的土层中土壤有机碳的储量。采用 105 烘干至恒重法测定土壤样品的含水率;采用环刀法测定土壤体积质量;采用重铬酸钾氧化法测定土壤有机碳含量。采用的计算方法为:

$$SOC_i = d_i \times p_i \times O_i \times 10^{-2} \quad (3)$$

式中: i 为土壤不同层次; SOC_i 为土壤的碳密度(kg/m²); d_i 为土层厚度(cm); p_i 为土壤平均体积质量(g/cm³); O_i 为土壤有机碳含量(g/kg)^[12]。

1.3.3 数据处理 采用手持 GPS 标记各采样点坐标并分别导入 GS+7.0 和 ArcGIS10.0 软件,生成具有土壤有机碳信息的采样点数据,用以进行半方差函数计算以及克里格空间插值分析。

基于地统计学原理,采用 GS+7.0 软件完成半方差函数计算和理论模型拟合,并结合 ArcGIS 软件 Geostatistical Analyst 工具,对采样点土壤有机碳含量进行克里格插值,生成研究区大、中、小 3 种尺度下的土壤有机碳密度的空间分布特征。

利用 ArcGIS 空间分析工具将研究区地形因子图以及 NDVI 数据与各尺度下土壤有机碳密度分布叠合进行区域统计,从而生成各环境因子与土壤有机碳密度的空间数据库,分别建立地形因子、NDVI 二者与土壤有机碳密度的关系。采用 SAS 软件进行典型相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同尺度土壤有机碳密度的统计学分析

土壤有机碳的描述性统计是直接反映土壤有机碳含量基本特征的常用统计学方法。对大、中、小 3 种采样尺度下的土壤有机碳密度进行描述性统计分析,如表 2 所示,大、中、小不同尺度下土壤有机碳平均密度依次为 6.82, 6.87 和 6.88 kg/m³;呈现出土壤有机碳密度随着采样尺度的增大而降低的趋势,但其增加幅度较小。大尺度土壤有机碳密度变化范围为 4.2~9.19 kg/m³;中尺度土壤有机碳密度变化范围为 3.93~9.05 kg/m³,小尺度土壤有机碳密度变化范围

为 2.94 ~ 9.39 kg/m³。3 种尺度下有机碳密度的变异系数在 18.90% ~ 33.62% 之间,大、中尺度的土壤有机碳密度具有更为强烈的变异,总体上看,3 种取样尺度下变异情况均属于中等程度变异^[13]。

2.2 不同尺度土壤空间变异性分析

经典统计学方法仅能从整体上描述土壤有机碳的部分特征,却难以反映其内部空间变异性。为解决

这一问题,应用地统计学方法定量地描述土壤有机碳含量的结构性与随机性,以便更加细致准确地分析土壤有机碳含量的空间变异结构^[14]。采用 GS+7.0 软件对不同尺度下土壤有机碳密度进行了半方差函数的拟合(表 3)用以分析各尺度下土壤有机碳密度的空间变异特征,并生产 3 种尺度下土壤有机碳密度的空间分布图(图 1)。

表 2 土壤有机碳密度的描述性统计(kg/m³)
Table 2 Descriptive statistics for SOCD

采样尺度	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数(%)	偏度	峰度	分布类型
大尺度	9.19	4.2	6.82	2.28	33.43	0.20	2.73	正态分布
中尺度	9.05	3.93	6.87	2.31	33.62	-0.13	2.93	对数正态分布
小尺度	9.39	2.94	6.88	1.30	18.90	-0.14	2.59	正态分布

表 3 土壤有机碳密度的半方差函数理论模型及相关参数
Table 3 Theory model and parameters of semi-variograms for SOCD

采样尺度	模型	块金值	基台值	变程	块金值/基台值	残差	决定系数
		C_0	$C + C_0$	(m)	$C_0 / (C + C_0)$		
大尺度	Stable	0.016	0.119	2 952	13.40	2.14×10^{-3}	0.496
中尺度	Spherical	0.035	0.145	2 317	24.11	1.13×10^{-3}	0.688
小尺度	Stable	0.076	0.229	1 982	33.19	1.98×10^{-3}	0.514

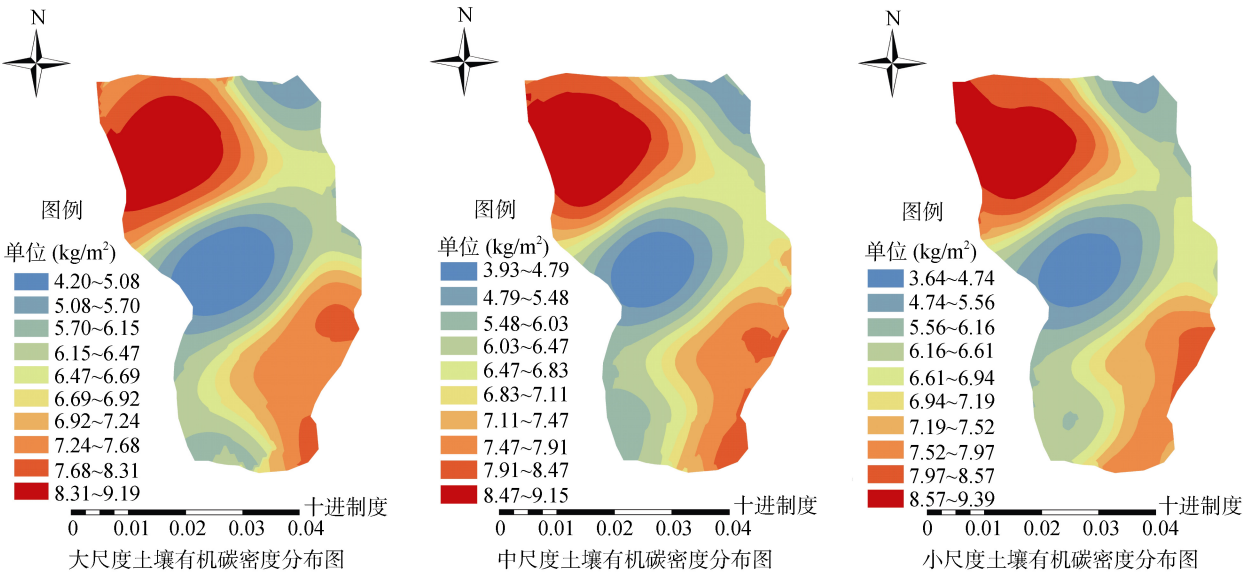


图 1 多尺度下土壤有机碳密度空间分布图
Fig. 1 Distribution of SOCD at different scales

一般认为块金值(C_0)代表随机变异的量,块金值表示由实验误差和小于实际取样尺度引起的变异,即随机部分引起的空间异质性^[15]。如表 3 所示,小尺度下土壤有机碳密度的块金值最大,且随着采用尺度的增大土壤有机碳密度的块金值逐级降低,即表明随机因素引起的变异量随采样尺度的增大而减小,其原因可能是小尺度的采样下所涉及到的随机因素较多,引起变异的因素复杂,随着采样尺度的增大,越来越

多的次要因素将被忽略。基台值($C + C_0$)通常表示系统空间内总变异,代表变量空间变异的结构性方差,块金系数是块金值与基台值的比值,表示随机部分引起的空间异质性占系统总变异的比重,如果该比值高,说明随机部分引起的空间异质性程度较大,相反,则表明由空间自相关部分引起的空间变异性程度较大^[16]。不同尺度下块金系数由大到小表现为小尺度>中尺度>大尺度,小尺度的块金系数为 33.19%,具有

中等程度的空间相关性,随机因素和结构性因素同时对其变异产生影响。而大、中尺度的块金系数分别为 13.40% 和 24.11%,表明两者均具有较强的空间相关性,其变异主要是由结构性因素引起。其原因可能是小尺度上的结构因素和随机因素引起的变异相关性会被大尺度上结构因素引起的变异相关性所掩盖^[17]。因此,随着采样尺度的增加,大尺度的结构性因素得以凸显,使得同一地区表现出不同的空间相关特征。

变程表示变异函数两点间的最大相关距离,是指半变异函数达到基台值时所对应的距离。研究结果表明,随着采样尺度的增大土壤有机碳密度的变程随之增大。由此可见,由于采样尺度的增加,其空间的相关距离也随着加大,导致土壤有机碳密度的变异连续性较差,而在采样尺度较大时变异连续性较平滑,更好地反映出研究区宏观的空间变异特征。

2.3 不同尺度土壤有机碳密度影响因素分析

对土壤有机碳密度产生影响的因素较多,各因素相互作用,从不同方向对土壤有机碳的空间变异产生着影响。然而,由于研究尺度的差异,相同的环境因素对土壤有机碳的空间变异也会表现出不同的相关关系,随着研究尺度的改变,影响土壤有机碳密度的主导因子也相应发生变化。

如表 4 所示,海拔与坡度在不同的研究尺度上与土壤有机碳密度均呈现显著负相关关系;坡向和 NDVI 与土壤有机碳密度均呈正相关。大尺度的研究中,各环境因子与有机碳密度的相关性由大到小表现为海拔>坡度>NDVI>坡向;中、小尺度的研究则表现为 NDVI>海拔>坡度>坡向。究其原因可能是短距离内由植被间差异表现出的结构特征被较大距离上影响土壤有机碳密度变异过程的海拔、坡度等因素所掩盖,因此大尺度上变化较为平稳连续的地形因子(海拔、坡度)与土壤有机碳呈现出更好的相关关系^[17]。随着研究尺度的增大,海拔与坡度与土壤有机碳密度的相关关系逐渐增强,而坡向与有机碳的相关关系逐步减弱,这是由于坡向的划分等级较多,从 16 个方向来反映坡面情况,虽然坡向同属于典型的地形因子,但对于本研究而言,坡向并不像海拔和坡度一样在景观上分布较为鲜明、连续。因此,坡向在地形因子中对局部地貌的反映更为准确,所以在坡向作为微地形因子对土壤有机碳密度的影响在小尺度上要更加显著。NDVI 与土壤有机碳密度的相互性并未随研究尺度的增大而表现出明显的升降规律,其只在中小尺度的研究中,表现出较明显的相关性。NDVI 仅是从植被层面反映土壤有机碳的积累状况,受到人为造林、

耕作等活动的影响,植被的分布也随着人为的意图呈现较为明显的板块化,大尺度上的连续性和相关性较差。因此,在中等尺度的研究中 NDVI 与土壤有机碳密度呈现出较高相关关系。

表 4 影响因子相关系数表
Table 4 Correlation coefficients of impact factors

采样 尺度	相关因子	SOC	海拔	坡度	坡向	NDVI
大尺度	SOC	1	-0.436*	-0.423*	0.127	0.263*
	海拔		1	0.611*	0.092	-0.314*
	坡度			1	-0.024	0.435*
	坡向				1	0.513*
	NDVI					1
中尺度	SOC	1	-0.413*	-0.329*	0.224*	0.523*
	海拔		1	0.669*	0.152	-0.264
	坡度			1	-0.111	0.451*
	坡向				1	0.612*
	NDVI					1
小尺度	SOC	1	-0.343*	-0.323*	0.264*	0.463*
	海拔		1	0.645*	0.052	-0.374
	坡度			1	-0.107	0.482*
	坡向				1	0.557*
	NDVI					1

注:表中 * 表示相关性达到 $P<0.05$ 显著水平。

3 讨论

土壤有机质是表征土壤质量的重要因子,如何更好地刻画其空间变异性,对于区域农田土壤的环境管理以及作物产量提高有重要的实际意义^[18]。然而,影响土壤属性环境因子的尺度作用范围不同,土壤属性也表现出多尺度效应^[19]。

一般而言对研究尺度的认识有两种,一种是在一个固定的研究区内,通过加密或放宽采样数目而实现的固定区域多尺度研究,另一种是以研究区面积从小到大进行扩展,通过变化研究区域大小而实现的多尺度研究,二者揭示的因素或过程不同,各具特点。

在许多对土壤属性多尺度效应的研究中,多数人^[2,9,20]选择第二种方法,采取扩展研究区面积的方式来实现多尺度的研究,其更加侧重于对不同尺度研究的推演,揭示研究区由小到大的扩展后多尺度间的空间变化关系,从宏观上更能说明研究区的多尺度效应。然而,这种研究方法也必然无法满足固定研究区为体现全局范围内多尺度研究的需要,这就导致了在整个研究区内,中小尺度仅能反映其采样范围内局部土壤特征信息,无法对全局描述小尺度采样下的土壤

特征。而这种尺度间的变化必然会导致变异程度的波动,使表观变异与真实变异之间存在偏差^[17]。针对本研究是以小流域为对象,研究区面积仅约 30 km²,采用第一种研究方法能更有效地在全流域内表现 3 种尺度的土壤信息,对流域 3 种尺度进行了全面的网格法采样,3 种尺度下的样点均匀分布在整个流域,这就有效避免了中小尺度的研究结果以偏概全的问题。

研究表明随着研究尺度的增大,土壤有机碳密度的空间相关关系由中等程度空间相关变为强烈空间相关;同时,坡向、NDVI 在大尺度的研究与土壤有机碳密度的相关关系减弱,海拔和坡度成为大尺度研究中影响土壤有机碳密度的关键因子。这一结论得到其他专家广泛认同,王红等^[21]同样认为不同地貌因素作用于不同尺度,坡度的影响主要在小、中尺度的研究中表现明显。随着研究尺度的增大,海拔、坡度与土壤性质的相关关系更为显著。许尔琪等^[18]认为,大尺度上尺度方差则随尺度的增加而波动上升,此时的随机效应对土壤有机质的影响已经不明显。然而,冯娜娜等^[9]在对不同尺度下低山茶园土壤有机质含量的研究中则认为,微尺度下,代表性茶园土壤有机质含量具有强烈的空间相关性,空间相关距离达到了 311 m,结构性因子是影响其空间变异的主要因素。这与本研究结果有所不同,这可能是与采样位置的不同有关,本文始终在同一流域内进行多尺度采样,而在冯娜娜分析中,小尺度和微尺度的采样分别选择了研究区的两块样地进行试验分析,所以由于不同地点土壤母质、团粒结构等因素差异较大,结果相异。因此,不同区域和不同环境条件下,各种尺度之间的关系不同,在今后研究中需要不断总结不同环境下各种尺度之间的空间变异信息,有助于进行尺度之间的合理推绎^[17]。

4 结论

(1) 土壤有机碳密度的空间变异性具有明显的多尺度效应,随着研究尺度的增大,土壤有机碳密度的块金系数逐级减小,小尺度的块金系数最大为 33.19%,表现为中等程度空间相关性;大、中尺度的块金系数分别为 12.5% 和 21.01%,为强烈空间相关。结构性因素对土壤有机碳的空间变异作用逐渐增强,而同时削弱随机因素对其变异所产生的影响。

(2) 海拔与坡度对土壤有机碳密度均呈现显著负相关关系;坡向与 NDVI 对土壤有机碳密度均呈正相关。大尺度的研究中,各环境因子与有机碳密度的

相关性由大到小表现为海拔>坡度>NDVI>坡向;中、小尺度的研究则表现为 NDVI>海拔>坡度>坡向。

(3) 随着研究尺度的增加,大尺度变化的地形因子与土壤有机碳密度的相关关系逐渐增强,而坡向作为微地形因子与有机碳的相关关系在小尺度的研究中表现得相对显著;NDVI 并未随研究尺度的变化而呈现明显的升降规律,只是在中小尺度的研究中表现出较明显的相关性。

参考文献:

- [1] 唐国勇,黄道友.红壤丘陵景观表层土壤有机碳空间变异特点及其影响因子[J].土壤学报,2010,47(4):754-759
- [2] 黄丽琴,张世熔,孙波,李婷.不同尺度下丘陵区土壤有机质的分布特征研究[J].西南农业学报,2005,18(增刊):39-43
- [3] 解宪丽.基于GIS的国家尺度和区域尺度土壤有机碳库研究[D].南京:南京师范大学,2004
- [4] Ding G, Novak JM, Amarasiriwardena D, Hunt PG, Xing B. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management[J]. Soil Science Society of America, 2002, 66: 421-429
- [5] Pulleman MM, Bouma J, van Essen EA, Meijles EW. Soil organic matter content as a function of different land use history[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64: 689-693
- [6] 刘宪锋,任志远,林志慧.基于GIS的陕西省土壤有机碳估算及其空间差异分析[J].资源科学,2012,34(5):911-918
- [7] Li Y, Men Q, Luo Y. Effects of spatial variability of soil water on irrigation schedule. Agricultural Research in the Arid Areas, 2000, 18(2): 80-85
- [8] Castrignano A, Giugliarini L, Risaliti R, Martinelli N. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. Geoderma, 2000, 97: 39-60
- [9] 冯娜娜,李廷轩,张锡洲,王永东,夏建国.不同尺度下低山茶园土壤有机质含量的空间变异[J].生态学报,2006,26(2):349-356
- [10] Matheron G. Principles of geostatistics. Economic Geology, 1963, 58: 1246-1266
- [11] 张连义,王刚,宝路如,尔敦扎玛,鐔建国,郭志忠.锡林郭勒盟草地MODIS-NDVI植被指数和估产牧草产量季节变化特征——以2005年4—9月的变化为例[J].草业科学,2008,25(3):6-11
- [12] 孙文义,郭胜利.黄土丘陵沟壑区小流域土壤有机碳空间分布及其影响因素[J].生态学报,2011,31(6):1604-1616
- [13] 王秋兵,段迎秋,魏忠义,韩春兰,孔令苏,龚立珠.沈阳市城市土壤有机碳空间变异特征研究[J].土壤通报,2009,40(2):252-257
- [14] 李龙,吴丽芝,姚云峰,郭月峰.小流域土壤有机碳含量的空间变异特征研究——以内蒙古赤峰市黄花甸子流

- 域为例[J]. 水土保持研究, 2013, 20(5): 18–23
- [15] 王仁铎, 胡光道. 线性地质统计学[M]. 北京: 地质出版社, 1988
- [16] 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
- [17] 郭德亮, 樊军, 米美霞. 黑河中游绿洲区不同土地利用类型表层土壤水分空间变异的尺度效应[J]. 应用生态学报, 2013, 24(5): 1 199–1 208
- [18] 许尔琪, 张红旗. 伊犁新垦区土壤有机质的克里金插值和条件模拟多尺度分析[J]. 土壤, 2013, 45(1): 91–98
- [19] Lin HS, Wheeler D, Bell J, Wilding L. Assessment of soil spatial variability at multiple scales[J]. Ecological Modelling, 2005, 182: 271–290
- [20] 张世熔, 孙波, 赵其国, 李婷, 陈明明, 黄丽琴. 南方丘陵区不同尺度下土壤氮素含量的分布特征[J]. 土壤学报, 2007, 44(5): 885–892
- [21] 王红, 宫鹏, 刘高焕. 黄河三角洲多尺度土壤盐分的空间分异[J]. 地理研究, 2006, 25(4): 649–658

Scale-dependency of Spatial Variability of Soil Organic Carbon Density in Small Watershed

LI Long¹, YAO Yun-feng^{1*}, QIN Fu-cang¹, GUO Yue-feng¹, WANG Xin¹, CHANG Wei-dong²

(1 College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2 Forest Bureau in Aohan County, Chifeng, Inner Mongolia 024300, China)

Abstract: This research was conducted in Huanghuadianzi watershed in Aohan of Chifeng city, Inner Mongolia. The Geo-statistical and ArcGIS spatial analysis techniques were used to study the spatial variations of soil organic carbon density (SOCD) at the different scales. The results disclosed the obvious scale-dependency of SOCD spatial variability. The rate of nugget to sill was reduced with the increase of the scale. SOCD showed moderate spatial correlation at small scale but showed strong spatial correlation at large and middle scale. Structural factors on SOC spatial variability increased gradually, while weakened the influence of random factors on SOCD variation. Terrain factor and NDVI had significant effects on SOCD, at large scale, the correlation between environment factors and SOCD ranked as altitude > slope > NDVI > slope aspect, while at meso-scales and small-scales the influence of environment factors showed NDVI > altitude > slope > slope aspect.

Key words: Soil organic carbon density (SOCD), Spatial variations, Scale