

乡镇尺度烟田土壤有机质时空变异性研究^① ——以襄城县紫云镇为例

常 栋^{1,2}, 葛少华², 李朋彦², 刘国顺^{2*}

(1 河南省烟草公司平顶山市公司, 河南平顶山 467000; 2 烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002)

摘 要: 为探明田块尺度烟田土壤有机质(SOM)的时空变异特征, 本研究采用地统计学和地理信息系统(GIS)相结合的方法, 分析了豫中襄城县紫云镇某个约 4 hm² 的烟田 2013 年和 2014 年 4 月、7 月、10 月合计 6 个时期耕层 SOM 的时空变异特征。结果表明: 该田块各个时期 SOM 的变异系数差异较小; 每年不同时期 SOM 的平均含量表现为先降后升的变化趋势, 7 月的含量显著低于 4 月和 10 月。各时期 SOM 空间最大相关距离范围在 26~203 m; 2013 年 4 月和 2014 年 7 月 SOM 具有中等的空间自相关性, 其他时期均表现为强烈的空间自相关性。研究田块 SOM 的稳定高值区主要分布在西部, 稳定低值区主要集中在中部; SOM 的时间稳定和较稳定级别区域面积很广, 占总面积的 90.89%。在时空变异研究的基础上, 辅以时间稳定性分析能够更好地量化烟田 SOM 的时空分布, 可为研究区更为精确、高效的施肥和田间管理提供决策依据。

关键词: 土壤有机质; 时空变异; 烟田; 地统计学; 地理信息系统

中图分类号: S158 **文献标识码:** A

土壤具有高度的时空异质性, 气候条件、成土母质、土地利用、土壤类型等自然因素以及灌溉、施肥、耕作等人为因素都会影响到土壤属性的时空异质性。土壤作为作物生长的营养库, 其养分变异必然会引起作物生长的变异。因此预测土壤养分含量, 研究其时空变异特征是实现土壤差异化管理和精准农业的重要前提和手段。

有关土壤属性空间变异的研究工作已有很多^[1-9]。近年来, 土壤属性时间尺度上的变异研究得到高度重视^[10-14], 如 Cui 等^[15]研究了冬小麦不同生育期的土壤养分变异特征及时间变化趋势, 乔红波等人^[16]利用地统计学方法和 GIS 技术研究了三门峡烟区土壤耕层 pH 的时空变异, 陈伟强等^[17]对河南郑县烟区土壤养分 1982—2002 年的空间变异趋势进行了研究, 罗由林等^[18]系统研究了近 30 年来川中紫色丘陵区土壤碳氮时空演变特征及其影响因子的变化趋势。但已有土壤属性变异研究多在较长的时间尺度, 且一般在乡镇及其以上的空间尺度。近年来, 卷烟工业对烤烟品质的要求日趋提高, 在我国烟草科研的经费投入和烤

烟种植的物质投入增加迅速的形势下, 有必要也有能力开展更短时间尺度和更小空间尺度(如烤烟的不同生育期和田块尺度)的烟田土壤养分时空变异研究, 从而更进一步指导及时和精准的科学施肥, 保障烤烟品质的提升。

有机质(SOM)是土壤的重要组成部分, 也是衡量土壤肥力的重要因素^[19]。另外, SOM 是土壤中最活跃的物质组成之一, 一方面, 外来有机物料不断输入土壤, 经微生物的作用形成新的腐殖质; 另一方面, 原有的 SOM 不断分解和矿化被植物吸收利用。SOM 是评价土壤质量和土壤碳库的重要指标, 是维持农田土壤生产力的重要因素, 体现着生态环境条件下土壤养分的转化能力和农户的施肥与管理水平。为此, 本研究采用 GIS 技术和地统计学方法, 于 2013 年和 2014 年连续两年针对豫中襄城县紫云镇的典型烟田, 在每年不同的烤烟生育期, 采集耕层土壤测定 SOM 含量, 旨在深入分析各时期 SOM 的统计特征、空间分布和时空变异, 为实现烟草有机肥的精准施用和精细管理提供科

基金项目: 国家烟草专卖局项目(110201101001TS-1)资助。

* 通讯作者(liugsh1851@163.com)

作者简介: 常栋(1986—), 男, 河南延津人, 博士, 主要从事烟草栽培及土壤保育研究。E-mail: cd411@outlook.com

学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

紫云镇位于河南著名烤烟产区襄城县西南部，是革命老区乡镇，总面积为 81 km²，其中山地面积约占 70%，耕地面积约 2 600 hm²，烤烟种植面积约 400 hm²。该镇的“里川”烟驰名中外，一直是熊猫烟、中华牌香烟的主要原料。紫云镇属暖温带大陆季风气候，年均气温 14.7℃，日照时数 1 400~1 500 h，无霜期 220~240 d，日照率 52%，降雨量 1 000~1 100 mm，6—8 月降雨约占全年的 60%，土壤类型为地理发生分类的褐土，烟草种植品种为中烟 100。本研究所选田块为地势起伏较为平缓的地区，海拔 81 m，位于紫云镇黄柳西村(33°51′ N, 113°24′ E)，面积约 4 hm²。该区一直采用机械起垄并条施底肥，统一的耕作、施肥、灌溉等管理模式，没有进行过变量施肥试验，是较为理想的精准管理分区研究用地。

1.2 土样采集与测定

2013 年 4 月，在施肥前采用 20 m × 20 m 网格设置取样点 101 个(图 1)，利用手持 GPS 对每个样点进行定位。分别于 2013 年和 2014 年的 4 月(施肥前)、7 月(旺长期)、10 月(采收后)对各样点进行土壤采集。在每个网格点及其附近 1 m 范围内，梅花形采集 5 个点耕层土壤，均匀混合成约 1.5 kg 的土样。土壤样品经自然风干、去杂、研磨、过 0.149 mm 筛后，采用重铬酸钾-外加热法测定 SOM 含量^[20]。

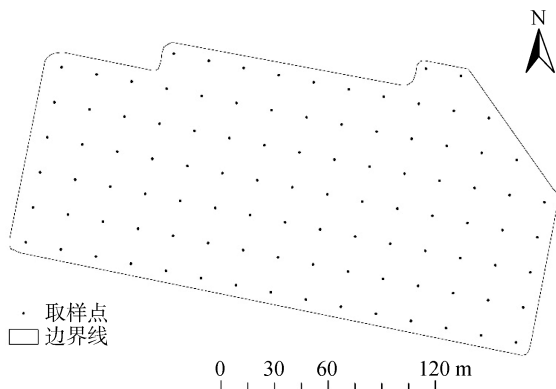


图 1 研究烟田田块和取样点
Fig. 1 Study field and sampling sites

1.3 数据分析与空间分布图编制

本研究描述性统计和正态分布检验利用 IBM Statistics SPSS 20.0 统计软件进行，利用 GS+7.0 进行半方差函数拟合，克里格插值、图形运算及编辑在

ESRI ArcGIS10.2 中完成。

1.4 空间趋势及时间稳定性分析

本研究利用空间趋势图来表示烟田土壤属性的空间变化趋势，其可以反映出田间稳定的土壤养分含量区域。通过计算各取样点 6 次样品的平均值，并通过普通克里格插值得到^[21]。具体公式为

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{t=1}^n y_{it}}{n} \tag{1}$$

式中： y_{it} 是第 i 个取样点第 t 次取样的观测值； n 为取样次数，本研究取样 6 个时期，即 $n = 6$ 。研究区土壤养分的时间稳定性由 6 次取样观测值的变异系数来表征。其最初用于作物产量的时间稳定性评估，表达式为

$$CV_{it} = \frac{\sqrt{\left(n \times \sum_{t=1}^n y_{it}^2 - \left(\sum_{t=1}^n y_{it} \right)^2 \right) / (n \times (n - 1))}}{\left(\sum_{t=1}^n y_{it} \right) / n} \tag{2}$$

通过对各样点土壤养分指标的时间变异系数 CV_{it} 进行空间插值，绘制出时间稳定性图，并依据表 1 的稳定性级别划分进行重分类。

表 1 土壤养分时间稳定性级别划分		
Table 1 Classification of temporal stability for soil nutrient		
级别	变异系数(%)	
较稳定	MS1	10<CV _t 15
	MS2	15<CV _t 20
	MS3	20<CV _t 25
不稳定	U1	25<CV _t 30
	U2	30<CV _t 50

2 结果与分析

2.1 不同时期 SOM 描述性统计

描述性统计分析从整体上把握变量的统计特征，是分析变量整体分布特征的第一步^[22]。同时，对各变量的正态性进行检验，可为随后的地统计分析做准备。对研究田块两年合计 6 个时期的 SOM 数据进行统计分析，结果见表 2。

从 K-S ($P>0.05$) 检验结果可以看出，烟田各时期耕层 SOM 数据均符合正态或对数正态分布。6 个时期 SOM 的变异系数差异较小，变异范围 13.69%~24.56%，属于中等程度变异。较多研究表明，SOM 属中等强度变异，具有较强的空间自相关性^[23-25]。从平均含量来看，2013 年 4 月至 2014 年 10 月 SOM 的均值分别为 20.97、10.49、16.38、17.10、15.14 和 18.24

g/kg,其含量范围较为适宜烤烟的生长^[26]。通过方差分析可以看出,2013 年 10 月和 2014 年 4 月两个时期 SOM 含量的差异没有达到显著性水平,其余各时

期均有显著性差异。随着烟草生育期的推移,最大值与最小值之间的差异在两年中均表现为 7 月最小,10 月最大。

表 2 不同时期 SOM 描述性统计
Table 2 Descriptive statistics of SOM in different periods

年份	变量	极小值(g/kg)	极大值(g/kg)	均值(g/kg)	标准差(g/kg)	偏度	变异系数(%)	K-S 检验
2013	SOM1	7.43	27.95	20.97 a	3.07	-1.22	14.65	0.26
	SOM2	7.03	14.66	10.49 b	1.44	-0.12	13.69	0.84
	SOM3	3.92	27.87	16.38 c	4.02	-0.77	24.56	0.05
2014	SOM4	7.14	24.40	17.10 c	3.72	-0.49	21.75	0.51
	SOM5	8.38	21.77	15.14 d	3.05	-0.03	20.13	0.97
	SOM6	7.93	29.20	18.24 e	3.53	-0.18	19.35	0.90

注:SOM,有机质;SOM1、SOM2、SOM3 分别表示 2013 年 4 月、7 月、10 月的土壤有机质含量;SOM4、SOM5、SOM6 分别表示 2014 年 4 月、7 月、10 月的土壤有机质含量,下同。均值数据后不同小写字母表示差异达到显著水平($P<0.05$)。

2.2 不同时期 SOM 空间结构

描述性统计分析只能了解各时期 SOM 含量的整体情况,为了反映研究田块 SOM 的局部变化,定量描述其空间结构特征及分布状况,本研究利用地统计方法进一步分析 SOM 含量的空间变异特征。

在选取半方差模型时,首先计算半方差函数的散点图,再进行不同间距下各模型的比较,依据决定系数和残差确定最优模型,同时绘制出半方差函数图(图 2)。本研究选用指数模型和高斯模型来描述各时期 SOM 的空间结构,具体参数见表 3。变程(空间最大相关距离)反映了变量空间自相关范围的大小,半方差函数图中显示,各时期 SOM 的半方差值均随步长的增大而增加,达到一定距离后趋于稳定,这个距离就是各变量的变程。从表 3 中可以看出,不同时期烟田 SOM 在一定范围内均存在空间相关性。2013 年 4 月、7 月和 10 月 SOM 的空间最大相关距离分别为 84、26 和 97 m,而 2014 年 SOM 的空间最大相关距离分别为 35、203 和 37 m,各时期 SOM 的变程均大于研究取样尺度,这表明 20 m 的取样间距是合理的。块金值(C_0)和基台值(C_0+C)的比值为块金系数($C_0/(C_0+C)$),表征变量的空间相关程度:当 $C_0/(C_0+C) < 25\%$,表明区域化变量具有强烈的空间相关性,结构性因素起主要作用;当 $25\% < C_0/(C_0+C) < 75\%$,随机因素和结构性因素在异质性中均起到作用,变量具有中等的空间相关性;而在 $C_0/(C_0+C) > 75\%$ 时,空间异质性主要为随机因素引起的,表明变量的空间相关性很弱^[27]。研究区内不同时期 SOM 块金系数存在一定的差异性,2013 年 4 月和 2014 年 7 月块金系数在 25%~75%,表明 SOM 具有中等程度的空间相关性,其他各时期的块金系数均 $< 25\%$,表明具有强烈

的空间相关性。两个烟叶生产季节 SOM 表现出的变异特征规律具有一定的差异,2014 年豫中地区 5 月至 8 月天气干旱,后期连阴雨,降低了烟草生育期内 SOM 的分解转化,减弱了结构性变异,同时研究区内烟叶采收较 2013 年早,人为活动干扰较多,增大了随机变异。

2.3 不同时期 SOM 空间分布格局

依据拟合的最优半方差模型,采用普通克里格插值法对未采样区域 SOM 含量进行估算,绘制各时期 SOM 的空间分布图(图 3)。图 3 显示,不同时期烟田 SOM 的分布特征具有差异性,2013 年 4 月和 10 月 SOM 含量呈现明显的空间分布格局,连续性较好,田块中部含量相对较低,东西部出现高值;2013 年 7 月 SOM 的分布相对复杂,呈斑块状分布,高值出现在中部区域;2014 年则表现为 4 月和 10 月 SOM 分布复杂,空间连续性相对较差,而 7 月具有明显的空间分布格局,西部 SOM 含量较高,中部含量较低。

图 4 为研究区 SOM 空间趋势及时间稳定性图。从图 4A 可以看出,烟田 SOM 两年的空间趋势具有较为明显的分布格局。SOM 低值主要分布在田块中部,田块西部 SOM 含量高且面积较大,东部 SOM 含量中等。从时间稳定性图(图 4B)可以看出,田块 SOM 稳定性无明显分布特征,不稳定区域零星分布于较高 SOM 含量的位置,MS1 主要分布在较低 SOM 含量的区域。整体来看,本研究中 SOM 时间较稳定区域分布面积很广,占研究区域总面积的 90.89%。在生态条件一致的情况下,人为管理措施对 SOM 异质性有较大影响,研究区统一的生产模式是造成 SOM 较强时间稳定性的主要因素。

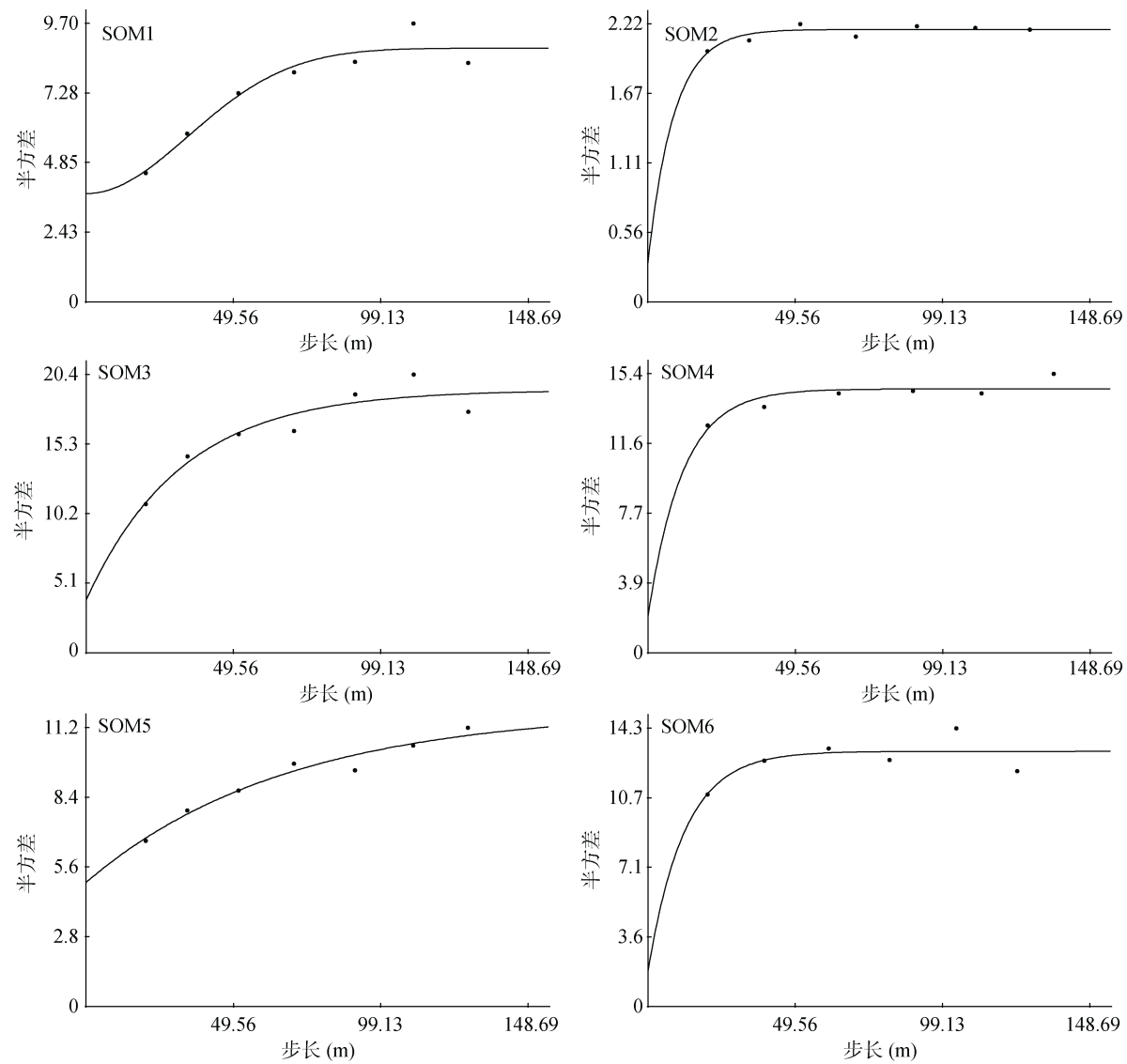


图 2 不同时期 SOM 半方差函数

Fig. 2 Semivariograms for SOM in different periods

表 3 不同时期 SOM 半方差理论模型及参数

Table 3 Theoretical models and parameters for semivariogram of SOM in different periods

年份	变量	模型	块金值	基台值	变程(m)	块金系数	决定系数	残差
2013	SOM1	高斯模型	3.77	8.84	84	43	0.93	1.21
	SOM2	指数模型	0.31	2.18	26	14	0.75	0.01
	SOM3	指数模型	3.84	19.22	97	20	0.89	6.59
2014	SOM4	指数模型	1.99	14.56	35	14	0.75	1.17
	SOM5	指数模型	4.96	11.88	203	42	0.96	0.61
	SOM6	指数模型	1.77	13.09	37	14	0.59	2.65

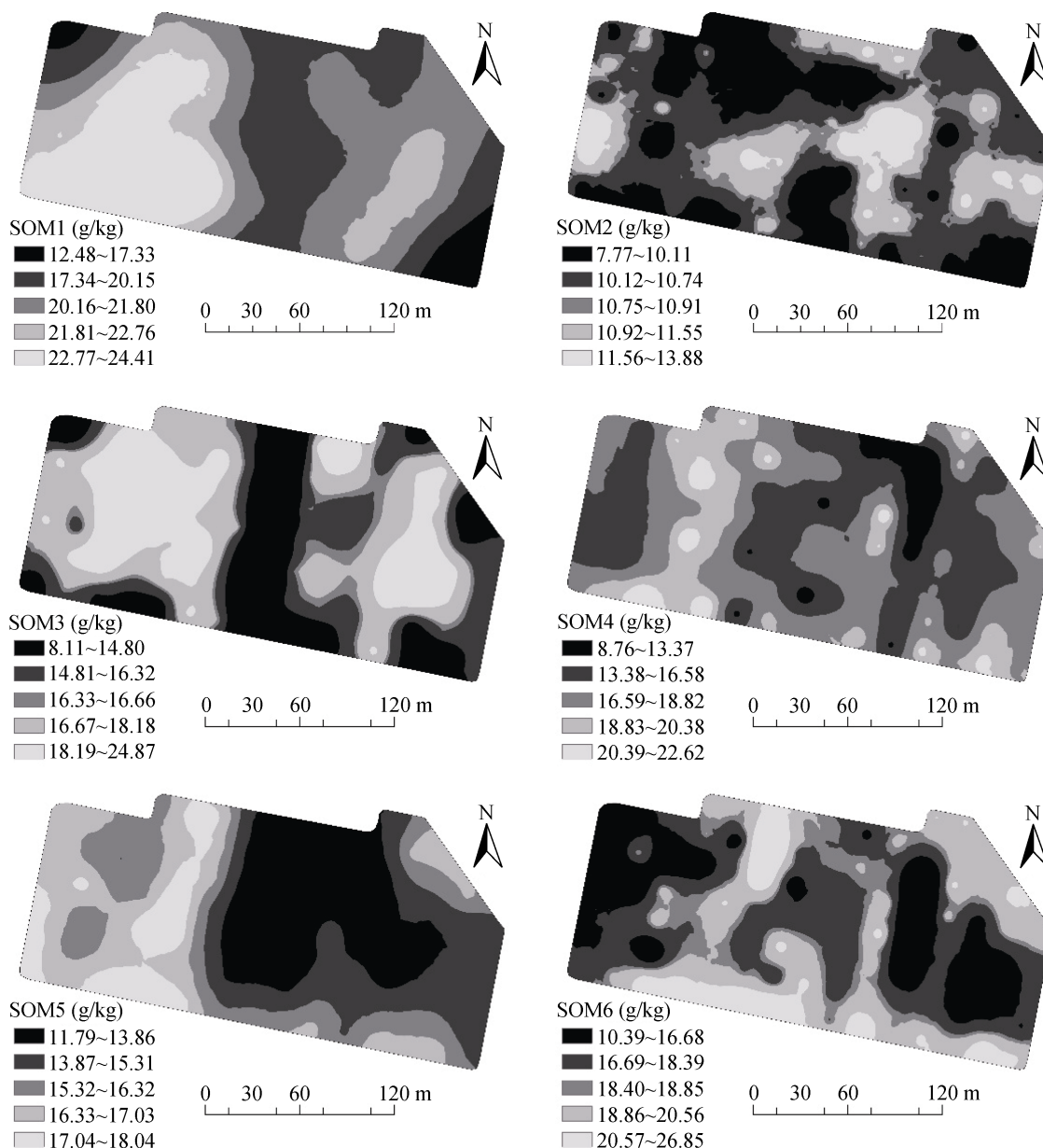


图 3 不同时期 SOM 空间分布
Fig. 3 Spatial distributions of SOM in different periods

3 讨论

目前有关烟田土壤养分的时空变异研究主要集中在较大空间尺度和较长时间尺度上或作物生育过程某些生育阶段^[28],而在田块尺度和较为精确的时间尺度下的研究还相对较少。地形地貌、成土母质、土地利用方式、土壤类型、作物种类以及农事操作等因素均可影响 SOM 的时空分布^[29]。而土壤养分的有效性概念不应当只有数量多寡,也应当有时间有效性和空间有效性,较多研究更加注重土壤养分的数量,而对于土壤养分的时间和空间变异关注较少^[30]。

本研究田块的 SOM 含量在不同时期表现出了较

大的差异性,其中 2013 年和 2014 年烟田 SOM 含量最低的时期均为 7 月,分别为 10.49 g/kg 和 15.14 g/kg。7 月是烟草旺长期,烟株对养分的需求大,土壤微生物及土壤酶活性较高,对有机质的分解有促进作用。10 月烟草收获结束后,田块闲置,降低了人为活动及种植制度对 SOM 的影响;同时,季节的转换使得温度降低,较大地影响土壤微生物活动及生理作用,降低了 SOM 的分解和转化。但值得注意的是,整体来看,田块 SOM 含量两年来有所降低,应注重有机肥的施用以及绿肥的种植。

造成两年各时期 SOM 分布差异的原因可能有:人为因素。田块化肥的施用利用机械条施,而有机

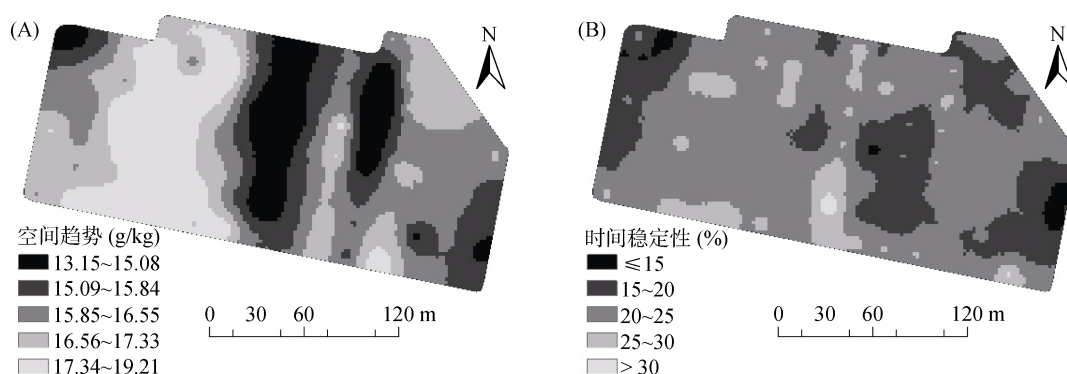


图 4 SOM 空间趋势(A)及时间稳定性(B)
Fig. 4 Spatial trend (A) and temporal stability (B) of SOM

肥仍为人工撒施,不同人工撒施效果不一,难于保证空间撒施均匀,增大了随机性变异。同时,不同年份所用工人不同,有机肥种类也可能有一定差异,这也会加剧其变异性。环境因素。SOM 的矿化受土壤温度、水分等的影响很大^[31-32]。2014 年豫中地区的反常气候,烟草生长前期干旱,温度高,无有效降雨,后期连续阴雨,直接影响了烟株和土壤生物的生物化学过程,进而造成了两个年份烟草生长季节较大差异的 SOM 分布。

4 结论

1) 研究田块各个时期 SOM 的变异系数差异较小;每年各时期 SOM 平均含量表现为先降后升的变化趋势,7 月的含量显著低于 4 月和 10 月。

2) 各时期 SOM 以指数模型和高斯模型拟合最优,2013 年 4 月和 2014 年 7 月 SOM 具有中等的空间自相关性,其他时期为强烈的空间自相关性。

3) 研究田块 SOM 的稳定高值区主要分布在西部,稳定低值区主要集中在中部;SOM 在时间尺度上的变异性较小。有机肥的施用方式和两年气候的差异是造成田块各时期 SOM 空间分布差异的主要因素。田块 SOM 含量两年来有所降低,应注重有机肥的施用以及绿肥的种植。

参考文献：

- [1] 武婕, 李玉环, 李增兵, 等. 微山县农田耕层土壤有机碳空间变异及动态变化分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(14): 218-222
- [2] 唐杰, 王昌全, 李启权, 等. 川北植烟土壤有机质和全氮空间变异研究[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(5): 66-72
- [3] 刘国顺, 常栋, 叶协锋, 等. 基于 GIS 的缓坡烟田土壤养分空间变异研究[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2586-2595
- [4] 常栋, 徐明康, 王勇, 等. 缓坡植烟田土壤微量元素的时空变异特征[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(3): 34-41

- [5] Fuka M M, Engel M, Haesler F, et al. Diversity of proteolytic community encoding for subtilisin in an arable field: Spatial and temporal variability[J]. Biology and Fertility of Soils, 2008, 45(2): 185-191
- [6] 王新中, 刘国顺, 杨程, 等. 小尺度下烟田土壤有效态微量元素空间分布格局研究[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(1): 12-16
- [7] 黄新杰, 屠乃美, 李艳芳, 等. 湖南省烟稻轮作区土壤养分的空间变异特征[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(3): 13-16
- [8] 张春华, 王佩, 王可, 等. 小尺度下烟田土壤养分空间变异性研究[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(5): 74-78
- [9] 赵明松, 李德成, 张甘霖, 等. 江淮丘陵地区土壤养分空间变异特征——以安徽省定远县为例[J]. 土壤, 2016, 48(4): 762-768
- [10] 许文强, 罗格平, 陈曦, 等. 天山北坡绿洲土壤有机碳和养分时空变异特征[J]. 地理研究, 2006, 25(6): 1013-1021
- [11] 张玲娥, 双文元, 云安萍, 等. 30 年间河北省曲周县土壤速效钾的时空变异特征及其影响因素[J]. 中国农业科学, 2014, 47(5): 923-933
- [12] Hu K, Li H, Li B, et al. Spatial and temporal patterns of soil organic matter in the urban-rural transition zone of Beijing[J]. Geoderma, 2007, 141(3/4): 302-310
- [13] 于洋, 赵业婷, 常庆瑞. 渭北台塬区耕地土壤速效养分时空变异特征[J]. 土壤学报, 2015, 52(6): 1251-1261
- [14] Huang B, Sun W, Zhao Y, et al. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices[J]. Geoderma, 2007, 139(3/4): 336-345
- [15] Cui B, Yang W, Feng M, et al. Study on the spatial-temporal variability of soil nutrients during winter wheat growth season[M]//Li D, Chen Y. Computer and computing technologies in agriculture VI. CCTA 2012. Berlin: Springer, 2013
- [16] 乔红波, 张慧, 高瑞, 等. 三门峡烟区土壤 pH 时空变异特征[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(4): 48-51

- [17] 陈伟强, 刘国顺, 华一新, 等. 基于 GIS 的河南省典型烟区土壤养分时空变异分析[J]. 河南农业科学, 2007(11): 70–75
- [18] 罗由林, 李启权, 王昌全, 等. 近 30 年来川中紫色丘陵区土壤碳氮时空演变格局及其驱动因素[J]. 土壤学报, 2016, 53(3): 582–593
- [19] 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
- [20] 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
- [21] Blackmore S. The interpretation of trends from multiple yield maps[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2000, 26(1): 37–51
- [22] Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils[J]. Environmental pollution, 2001, 114(3): 313–324
- [23] Cambardella C, Moorman T, Parkin T, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(5): 1501–1511
- [24] Yanai J, Mishima A, Funakawa S, et al. Spatial variability of organic matter dynamics in the semi-arid croplands of northern Kazakhstan[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2005, 51(2): 261–269
- [25] 胡克林. 农田土壤养分的空间变异性特征[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 33–38
- [26] 张翔, 黄元炯, 范艺宽. 河南植烟土壤与烤烟营养[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009
- [27] Kravchenko, nbsp, A. N. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods[J]. Soil Science Society of America Journal, 2003, 67: 1564–1571
- [28] 王育军, 周冀衡, 孙书斌, 等. 云南省罗平县烟区土壤肥力适宜性评价及养分时空变异特征[J]. 土壤, 2015, 47(3): 515–523
- [29] 杨东, 刘强. 基于 GIS 和地统计学的张掖市甘州区土壤全氮、有机质的空间变异特征分析[J]. 土壤通报, 2011, 42(3): 593–597
- [30] 张仁铎. 空间变异理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005
- [31] Stanford G, Epstein E. Nitrogen mineralization-water relations in soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1974, 38(1): 289–299
- [32] 周才平, 欧阳华. 温度和湿度对长白山两种林型下土壤氮矿化的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 505–508

Spatial and Temporal Variation of SOM During Tobacco Growth Season—A Case Study of Ziyun Town of Xiangcheng County

CHANG Dong^{1,2}, GE Shaohua², LI Pengyan², LIU Guoshun^{2*}

(1 Pingdingshan Tobacco Company of Henan Province, Pingdingshan, Henan 467000, China; 2 Key Laboratory on Cultivation of Tobacco Industry, School of Tobacco Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The spatial and temporal variation of soil organic matter(SOM) of tobacco-planting fields at field scale was comprehensively analyzed by using geostatistics method and GIS platform. In total 606 soil samples were collected from Ziyun Town of Xiangcheng County of Henan Province six times in successive two years, and the spatial distribution maps of SOM were edited and analyzed. The results indicated that CV of SOM during each period was small, ranging from 13.69% to 24.56%. The mean content of SOM during each period in a year decreased first and then increased, which was significantly lower in July than those in April and October. The maximal range of spatial correlation of SOM ranged from 26 m to 203 m. SOM showed medium spatial autocorrelation in April 2013 and July 2014, expressed strong spatial autocorrelation in other duration. In the study area, the stable high value of SOM was mainly distributed in the west area while the stable low value appeared in the middle area. The area of SOM stable with time was the largest, accounting for 90.89% of the total study area. The above results prove that spatial and temporal analysis can provide more efficient approach to quantify SOM with the help of time stable analysis and provide a theoretical basis for accurate and efficient fertilization and field management.

Key words: SOM; Spatial and temporal variation; Tobacco field; Geostatistics; GIS