

江淮丘陵地区土壤养分空间变异特征^①

——以安徽省定远县为例

赵明松^{1,2}, 李德成^{2*}, 张甘霖², 张兆冬³, 王莉莉³

(1 安徽理工大学测绘学院, 安徽淮南 232001; 2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

3 定远县土壤肥料工作站, 安徽定远 233200)

摘要:以安徽省江淮丘陵地区的定远县为例,利用测土配方施肥获取的1401个农田表层样点数据,运用地统计学方法和GIS技术研究了土壤有机质(SOM)、全氮(TN)、速效磷(AP)和速效钾(AK)含量的空间变异特征及其影响因素。结果表明,定远县SOM含量为17.74 g/kg, TN含量为1.04 g/kg, AP含量为13.45 mg/kg, AK含量为115.00 mg/kg, 属中等水平。变异系数介于28.85%~73.38%, 属中等变异强度。地统计分析表明,定远县土壤养分的变异函数符合指数模型,具有中等强度的空间自相关性,SOM和TN的空间自相关性稍强。土壤养分在空间上呈块状分布,SOM、TN和AK的空间分布总体上东南高、西北低;AP总体上西高东低。土壤养分空间变异主要受地形和土壤类型影响。

关键词:土壤养分;空间变异;地统计学;Kriging插值

中图分类号:S159

研究土壤空间变异对土壤预测制图、土壤分区管理、农业生产等具有重要意义,也是实施土壤调查和优化采样策略必需考虑的因素^[1]。土壤养分直接影响农作物生长与粮食产量,同时对改善土壤理化性质、地表过程模拟、农业可持续发展等有着重要的意义。因此,揭示土壤养分空间变异特征是了解区域土壤肥力状况的重要内容,也是合理利用土壤资源和指导施肥的前提。

20世纪70年代起,国内外众多学者多采用地统计学方法(主要是Kriging插值)对土壤养分的空间变异进行了研究^[2-8],如Cambardella等^[3]研究了田间尺度土壤有机质、全氮等含量的空间变异,利用块金系数确定变异强弱标准,Kuzel等^[4]研究了1hm²区域内Cd浓度、pH和土壤有机质的空间变异。王志刚等^[5]研究了长三角典型地区土壤肥力的空间变异规律,刘国顺等^[6]研究了田间尺度的缓坡烟田土壤养分空间变异规律,吕真真等^[7]研究了环渤海沿海区域土壤养分空间变异及分布格局,赵明松等^[8]研究了徐淮黄泛平原区土壤有机质空间变异规律,并揭示其变异影响因素,这些研究为评价区域土壤肥

力、合理利用土壤资源等提供科学依据。

安徽省江淮丘陵区地处淮河和长江之间,地貌类型较复杂,包括低山、丘陵、岗地、湖滨与沿河平原等。行政区包括霍邱县、寿县、肥东县、肥西县、长丰县、定远县、凤阳县、滁州市、天长市、全椒县、来安县等地,土地面积1.54万km²。江淮丘陵位于北亚热带向暖温带的过渡带,光温水等气候条件丰富,主要分布有黄棕壤(湿润淋溶土)、黄褐土(湿润淋溶土)、水稻土(水耕人为土)、石灰土(湿润锥形土)、砂姜黑土(潮湿锥形土)、潮土(潮湿锥形土)、紫色土(湿润锥形土)等土壤,是安徽省主要的粮油生产基地之一。该区域土壤肥力较低,中低产土壤比重大,水土易流失,在很大程度上制约农业发展。目前,关于江淮丘陵区土壤养分空间变异的研究较少,如马渝欣等^[9]利用测土配方施肥和农田土壤碳库调查数据,研究了该区定远县土壤有机碳空间分异,但对于其他土壤养分没有涉及。因此,本研究利用地统计方法和GIS技术,探讨江淮丘陵地区土壤有机质、氮磷钾等养分空间变异规律及其影响因素,对于了解土壤肥力空间变异、指导野外采样具有重

基金项目:国家自然科学基金项目(41501226)、安徽省高校自然科学基金项目(KJ2015A034)、土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金项目(Y412201431)和安徽理工大学人才引进项目(ZY020)资助。

* 通讯作者(dcli@issas.ac.cn)

作者简介:赵明松(1983—),男,安徽淮南人,博士,讲师,主要从事数字土壤制图和土壤空间变异研究。E-mail: zhaomingsonggis@163.com

要意义,为区域土壤分区管理和改善土壤肥力等提供依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区位于江淮丘陵地区中部的定远县,介于 $32^{\circ}13' \sim 32^{\circ}42'N$, $117^{\circ}13' \sim 118^{\circ}15'E$ (图1),总面积 $2\,998\text{ km}^2$ 。定远县属暖温带半湿润季风区,年平均气温 $14.8^{\circ}C$,年平均降水量 934 mm ,无霜期 210 天。该县地势总体上北高南低,海拔 $15 \sim 337\text{ m}$,90%区

域海拔低于 100 m (图2)。地貌类型大致分为丘陵、岗地、波状平原和平原。研究区内大部分地区为岗地和波状平原分布在区域中部;少量的成片平原仅分布于县西南和县东池河沿岸一带;丘陵分布在区域北部和东部。成土母质主要为下蜀黄土、黄土性古河流沉积物、石灰岩残坡积物等,农田土壤类型主要有黄棕壤、石灰岩土、紫色土、砂姜黑土、水稻土、潮土等。研究区土地利用以水田为主,占总面积的 63.78% ,旱地面积占 9.78% (图2)。轮作制度以稻-油(麦)轮作为主,是全国商品粮基地县之一。

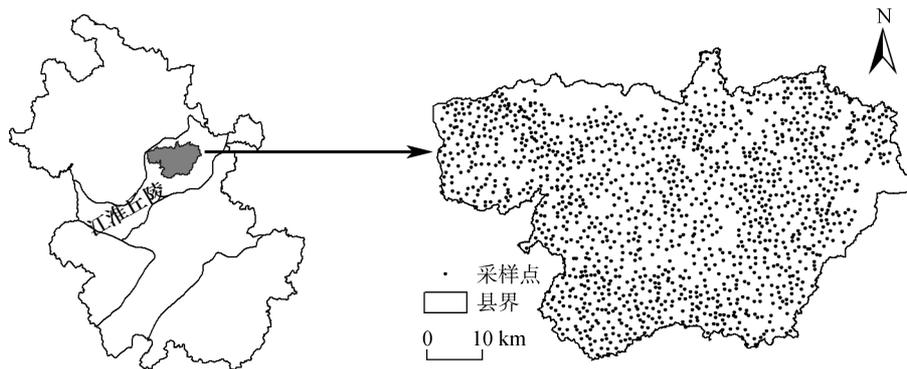


图1 定远县位置(左)和采样点分布图(右)

Fig. 1 Location (left) and soil sampling sites (right) of the Dingyuan County

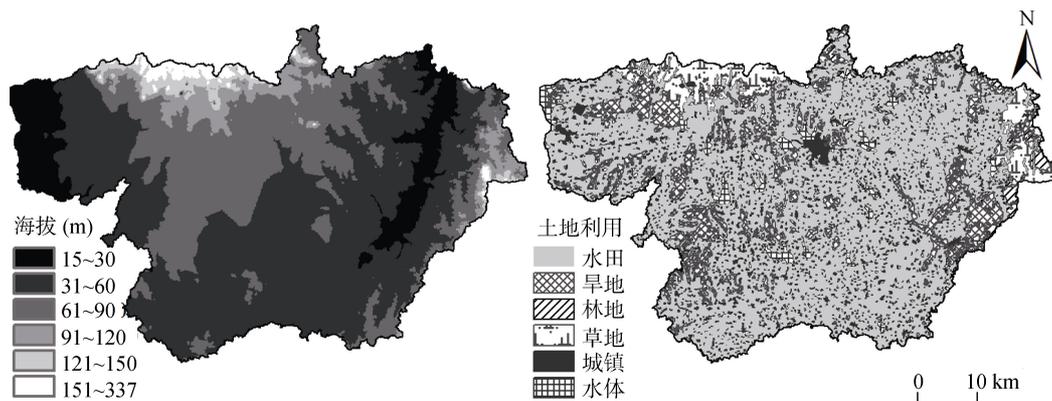


图2 定远县数字高程模型(左)和土地利用(右)

Fig. 2 Digital elevation model (left) and land use (right) of Dingyuan County

1.2 样品采集与分析

1.2.1 土壤样品采集 土壤养分数据来源于定远县2008年测土配方施肥工作。根据土壤、土地利用、地貌等共调查取样典型田块 $1\,401$ 个(图1),采样深度为耕作层($0 \sim 20\text{ cm}$),同一田块内随机多点采样,混合后按四分法留 1 kg ,并在田块中心记录GPS坐标和海拔。

1.2.2 样品处理与分析 样品在实验室自然风干后,用木棒压碎挑出砾石、草根等杂物,研磨过 2 、 0.25 和 0.149 mm 尼龙筛。土壤有机质(SOM)采用

重铬酸钾氧化-滴定法测定,土壤全氮(TN)采用重铬酸钾、硫酸消化-蒸馏法(凯氏蒸馏法)测定,土壤有效磷(AP)采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法(分光光度法)测定,土壤速效钾(AK)采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[10]。依据《定远土壤》中记录的每一个土种(最小分类单元)的质地类型,按照测土配方施肥样品所属的土种确定每一个样点质地。质地分级采用卡庆斯基制。

1.3 数据处理

利用SPSS 13.0 for Windows对土壤养分含量进

行描述性统计、正态分布检验以及方差分析。利用地统计学的变异函数分析土壤养分空间变异结构特征^[11]。利用 ArcGIS 9.3 地统计模块的普通 Kriging 插值方法绘制土壤养分空间分布图。

2 结果与讨论

2.1 土壤养分含量的统计特征

表 1 为土壤养分含量的统计特征值。研究区 SOM、TN、AP 和 AK 的平均含量分别为 17.74 g/kg、1.04 g/kg、13.45 mg/kg 和 115.00 mg/kg，养分含量属于中等水平。SOM 含量介于 1.60~60.80 g/kg，TN 含量介于 0.29~4.63 g/kg，AP 含量介于 0.40~99.70 mg/kg，AK 含量 16.00~794.00 mg/kg，全县养分含量变化范围较大。土壤养分的变异系数介于 28.85%~73.38%，

均属于中等变异强度^[12]，其中 AP 的变异最大，变异系数为 73.38%，其次是 AK，SOM 和 TN 的变异最弱，变异系数均小于 30%。这与刘国顺等^[6]、吕真真等^[7]的研究结果相似，土壤速效养分较之 SOM 和 TN 等的变化幅度大。这主要与养分元素在土壤中的化学行为及肥料施用状况、耕作等田间管理措施有关。实施家庭联产责任制以来，我国农业生产由集体耕作转变为以农户家庭为单位的独立耕作管理方式，农户根据个人意愿和经验进行农业生产，不同农户间的田间施肥种类和数量、耕作方式以及田间管理水平等存在较大差异。农户施肥调查信息表明，不同农户的氮素投入量差异不明显，磷素和钾素投入差异较明显。偏度和峰度系数表明研究区土壤养分含量符合对数正态分布，满足地统计学分析的要求。

表 1 研究区土壤养分含量的统计特征值
Table 1 Statistical characteristic values of soil nutrient contents

土壤属性	范围	中位数	均值	标准差	偏度	峰度	变异系数 (%)
SOM (g/kg)	1.60~60.80	17.10	17.74	5.21	0.99(-0.075)	3.80(4.83)	29.37
TN (g/kg)	0.29~4.63	1.00	1.04	0.30	3.21(0.20)	29.76(2.44)	28.85
AP (mg/kg)	0.40~99.70	11.50	13.45	9.87	3.53(-0.54)	20.19(2.85)	73.38
AK (mg/kg)	16.00~794.00	101.00	115.00	62.73	3.82(0.27)	28.21(1.50)	54.55

注：括号内为自然对数变换后结果。

2.2 土壤养分含量空间变异结构特征分析

表 2 为对数变换后的土壤养分含量的变异函数拟合模型及参数。根据决定系数(R^2)、残差 (RSS)等，选择变异函数的拟合模型。研究区土壤养分的变异函数均符合指数模型。

由表 2 可知，研究区的 SOM、TN、AP 和 AK 的 C_0 分别为 0.046、0.034、0.270 和 0.119，说明在当前的采样尺度范围内存在由采样误差、短距离变异、施肥水平等随机因素引起的变异^[13]。其中 AP 和 AK 的 C_0 较大，说明在当前的采样尺度内，随机变

异的成分仍较大。块金系数 ($C_0/(C_0+C)$) 表示空间异质性程度，比值高，说明由随机部分引起的空间变异程度较大^[14]；相反，则由空间自相关部分引起的空间变异程度较大。4 种养分的块金系数均在 25%~75%，说明区域内存在中等的空间自相关性，结构因素与随机因素对研究区土壤养分空间变异的作用相当^[3, 14]。其中 SOM 和 TN 的空间自相关性稍强，AP 和 AK 的空间自相关性稍弱，这主要是由农户田间施肥和管理水平的差异引起的，与上文的变异系数的规律一致。

表 2 土壤养分含量的半方差函数理论模型和参数
Table 2 Semivariogram model and its parameters for soil nutrients

土壤属性	理论模型	块金值 (C_0)	基台值 (C_0+C)	块金值/基台值 (%)	变程 (m)	决定系数 (R^2)	残差 (RSS)
SOM	指数模型	0.046	0.093	49.50	12 600	0.935	1.38×10^{-4}
TN	指数模型	0.034	0.068	50.00	7 380	0.920	4.44×10^{-5}
AP	指数模型	0.270	0.423	63.83	10 144	0.943	1.05×10^{-3}
AK	指数模型	0.119	0.196	60.71	7 710	0.906	7.37×10^{-4}

变程表示具有相似性质的斑块的空间连续性的范围，变程以内的空间变量具有空间自相关性，变程以外则不存在空间自相关。各养分的变程介于 7 380~12 600 m，说明在此空间范围内分布连续，存在空间

自相关性，超出此范围空间自相关性消失。其中 SOM 的变程最大，AP 次之，TN 和 AK 的变程最小，这种规律与张玉铭等^[15]和刘国顺等^[6]研究结果一致。本研究中 SOM 的变程为 12 600 m，块金系数为 49.50%，

马渝欣等^[9]在该县的研究结果 (土壤有机碳变程为 6 300 m, 块金系数为 10%) 略有差异, 这可能与选用的样本数量和样本集有关 (土壤样本数 2008 年测土配方施肥样 916 个, 2011 年 70 个), 在后期的研究需进一步探讨。

2.3 土壤养分含量空间分布特征

采用普通 Kriging 方法绘制土壤养分含量空间分布图 (图 3)。定远县 SOM 含量空间分布趋势与区域地形特征 (图 2 左) 相反: 总体上东北和东南沿河平原含量较高, 达 20 g/kg 以上; 西部次之, 含量在 15~20 g/kg; 中部和东北部丘陵区含量较低, 在 15 g/kg 以下, 且在东南至西北方向上变异最强烈。这与定远县地形地貌有关, 从地貌来看丘陵岗地起伏较大, 水土流失相对较为严重, 表层土壤和有机质分解后易被淋洗流失。此外, 定远县沿河及滨湖平原地下水位在

0.5~1.0 m; 岗地与丘陵区地下水位在 2~8 m, 局部地区大于 10 m, 地下水补给较差, 土壤水分含量较低, 这也是影响该县 SOM 空间分布格局的因素之一。TN 的空间分布特征与 SOM 相似, 这主要是因为二者之间的相关性。大部分区域 TN 含量较低, 在 1.1 g/kg 以下。AP 和 AK 含量在空间上呈斑块状分布。AP 的空间分布总体上西高东低, 中部和西部地区含量均在 13 mg/kg 以上, 分布趋势与 SOM 相反。AK 的高值主要分布在中东部, 含量在 150 mg/kg 以上, 低值分布在东部丘陵和西部, 含量在 100 mg/kg 以下。参照全国第二次土壤普查养分分级标准, 定远县土壤养分仍以中下等水平为主, SOM 含量较缺乏。定远县总体上东部土壤肥力较西部高, 因此需加强该县西部区域的土壤培肥工作, 增加有机质、氮、钾等元素的输入, 东部地区需增加磷肥的输入。

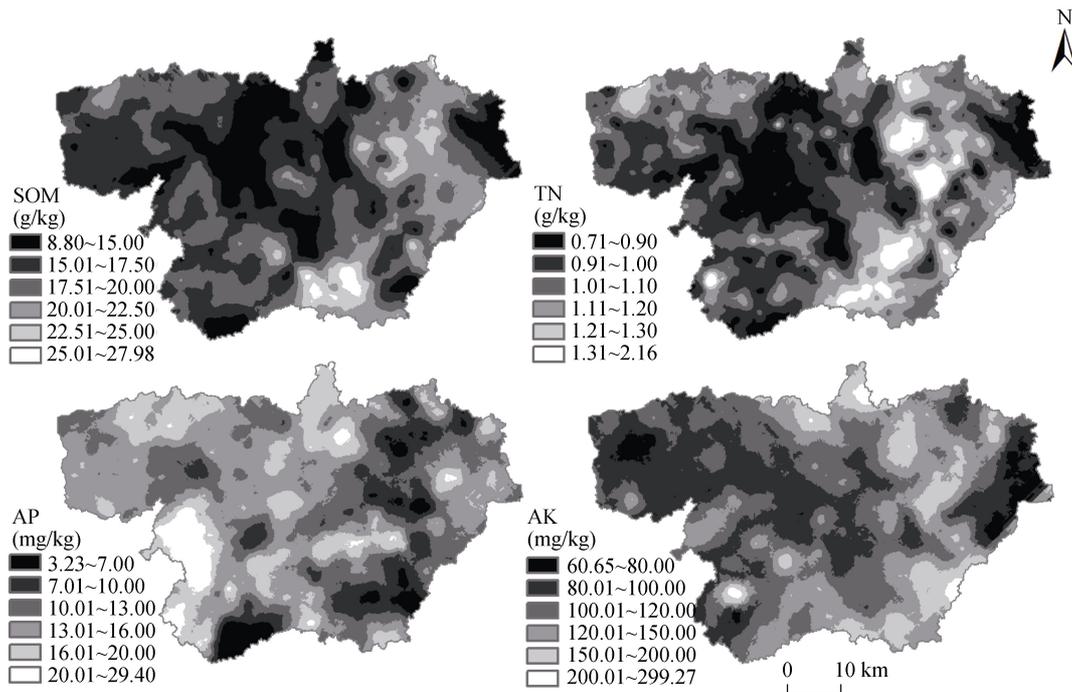


图 3 普通 Kriging 插值的土壤养分空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of soil nutrient contents based on Kriging

2.4 土壤养分空间变异影响因素分析

2.4.1 地形因素 地形对地表物质和能量的再分配影响着成土过程, 土壤所处的环境条件也影响着其发育和演变。定远县地势总体上北高南低、东西较低、中部较高 (图 2), SOM 和 TN 含量空间分布与地形特征相反 (图 3), AP 含量空间分布与地形特征相似。表 3 为海拔和土壤养分的相关系数矩阵, 由表可见定

远县 SOM、TN 和海拔呈极显著负相关 ($P < 0.01$), AP 与海拔呈极显著正相关 ($P < 0.01$), AK 与海拔呈负相关但不显著。这主要是因为海拔较高的地区, 土壤养分因灌水、降雨而易淋失; 其次在定远县丘陵岗地的地下水位埋藏较深, 土壤湿度较低, 有机质分解迅速, 不易积累, 导致 SOM 和 TN 含量相对低于地势较低的地区。

表 3 土壤养分含量与海拔的相关系数矩阵
Table 3 Correlation coefficients between soil nutrient contents and elevation

	海拔	SOM	TN	AP	AK
海拔	1				
SOM	-0.174**	1			
TN	-0.131**	0.550**	1		
AP	0.079**	0.053*	0.045	1	
AK	-0.042	0.247**	0.308**	0.094**	1

注：* 和 ** 分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平上相关性显著 ($n=1401$)。

2.4.2 土壤类型 表 4 为不同土壤类型的养分含量统计情况。6 种土壤类型的 SOM、TN 和 AP 平均含量相差较小,其中水稻土 SOM 和 TN 含量稍高,潮土的含量最低。这主要与两种土壤类型的土地利用

方式和成土环境有关。石灰(岩)土和黄棕壤的 AP 含量较高,分别为 13.81 和 13.69 mg/kg,潮土的含量最低。6 种土壤类型的 AK 含量存在显著差异 ($P<0.05$),其中紫色土的含量最高,砂姜黑土的含量最低。

表 4 不同土壤类型的土壤养分含量
Table 4 Soil nutrient contents different in soil types

土壤类型	样本数	SOM (g/kg)	TN (g/kg)	AP (mg/kg)	AK (mg/kg)
潮土	23	16.65 ± 3.50	1.01 ± 0.22	12.44 ± 4.77	94.35 ± 22.54 bc
黄棕壤	493	16.74 ± 5.00	0.99 ± 0.27	13.69 ± 10.90	115.58 ± 54.98 ab
紫色土	57	16.88 ± 4.67	1.07 ± 0.24	12.83 ± 7.81	129.88 ± 81.04 a
石灰(岩)土	36	17.43 ± 3.84	1.08 ± 0.22	13.81 ± 4.81	105.14 ± 37.44 abc
砂姜黑土	46	17.80 ± 3.02	1.10 ± 0.19	13.09 ± 5.04	88.30 ± 25.68 c
水稻土	746	18.50 ± 5.47	1.08 ± 0.33	13.37 ± 9.82	116.23 ± 68.59 ab

注：同列数据小写字母不同表示不同土壤类型间差异显著 ($P<0.05$)。

不同土壤类型间养分含量的方差分析结果：SOM、TN 和 AK 的组间均方均大于组内均方, F 检验分别为 7.55 ($P<0.001$)、6.19 ($P<0.001$) 和 3.07 ($P<0.01$); AP 的 F 检验为 0.18 ($P=0.969$)。结果表明除 AP 外各土壤类型的养分含量具有显著差异,其中土壤类型对 SOM 含量的差异影响较大,对 AK 含量的差异影响较小。虽然方差分析表明不同土壤类型间养分含量存在显著差异,但是 SOM 和 TN 数据组通不过齐次性检验,多重比较无意义。

2.4.3 土壤质地 土壤质地局部范围内影响土壤养分含量,特别是砂粒和黏粒含量显著影响 SOM 的累积与分解^[17]。一般而言,土壤黏粒含量较高,SOM 较高,主要因为黏粒通过与有机物质结合形成有机-无机复合体,吸附稳定 SOM,降低了其矿化速度,有利

于其积累;相反砂粒含量较高的土壤中,这种保护机制较小或缺少,有机质矿化分解较快^[18];而 SOM 含量与粉粒含量的作用,主要表现在粉粒对土壤水分有效性、植被生长的正效应及其对 SOM 的保护作用^[19-21]。

表 5 为定远县不同土壤质地类型的养分含量统计值。不同土壤质地类型的 SOM 含量差异显著,含量高低依次为:重壤土、中壤土、轻壤土、轻黏土。轻壤土、中壤土和重壤土中的黏粒和粉粒含量依次增高,其 SOM 含量相应较高。而轻黏土的黏粒含量较高,SOM 含量反而比其他质地类型的 SOM 含量要低,这主要与区域成土母质有关。根据定远县第二次土壤普查资料,发育在下蜀黄土母质上的马肝土、马肝田、黄白土以及黑姜土,质地黏重,多为轻黏土,较发育在其他母质类型上的有机质含量较低。

表 5 不同质地的土壤养分含量
Table 5 Nutrient contents in the soils with different texture types

质地	样本数	SOM (g/kg)	TN (g/kg)	AP (mg/kg)	AK (mg/kg)
轻黏土	78	16.62 ± 3.47 b	1.02 ± 0.21	14.80 ± 7.03	105.38 ± 32.55
轻壤土	68	17.19 ± 3.92 ab	1.08 ± 0.36	13.26 ± 5.88	106.31 ± 64.98
中壤土	625	17.50 ± 5.10 ab	1.05 ± 0.34	13.70 ± 10.50	117.34 ± 67.98
重壤土	630	18.17 ± 5.57 a	1.04 ± 0.26	13.05 ± 9.85	114.80 ± 59.75

注：质地分级为苏联卡庆斯基制；同列数据小写字母不同表示不同质地土壤间差异显著 ($P<0.05$)。

方差分析结果表明各土壤质地类型间的 SOM 含量差异性显著 (F 检验为 3.36, $P < 0.05$)。不同质地类型的 TN (F 检验为 0.41, $P = 0.748$)、AP (F 检验为 0.98, $P = 0.400$) 和 AK (F 检验为 1.34, $P = 0.260$) 差异不显著, 但由 F 检验值可以看出质地类型对 AK 的影响要略大于 AP 和 TN。土壤质地是定远县 SOM 空间变异的主要影响因素。

3 结论

1) 定远县 SOM、TN、AP 和 AK 的平均含量分别为 17.74 g/kg、1.04 g/kg、13.45 mg/kg 和 115.00 mg/kg, 属于中等水平。土壤养分的变异系数介于 28.85% ~ 73.38%, 均属于中等变异强度。土壤养分的变异函数均符合指数模型, 区域内存在中等强度的空间自相关性, 空间自相关距离介于 7 380 ~ 12 600 m。SOM 和 TN 的空间自相关性稍强, AP 和 AK 的空间自相关性稍弱。

2) 定远县 SOM 和 TN 空间分布与地形特征相反, 总体上东北和东南含量较高, 西部次之, 中部含量最低, 在东南至西北方向上变异最强烈。AP 和 AK 在空间上呈斑块状分布, AP 含量总体上西高东低; AK 含量总体上中东部较高, 东部和西部较低。定远县土壤养分空间变异受地形、土壤类型和质地影响, 其中地形和土壤质地对 SOM 空间变异影响较强。

3) 定远县土壤肥力总体上东部较西部高, 西部区域应强化秸秆还田, 增施有机肥、农家肥、钾肥以提高土壤有机质、氮、钾含量, 而东部地区则需增施磷肥。

参考文献:

- [1] 史舟, 李艳. 地统计学在土壤学中的应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 3-7
- [2] Cahn M D, Hummel J W, Brouer B H. Spatial-analysis of soil fertility for site-specific crop management[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(4): 1 240-1 248
- [3] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(5): 1 501-1 511
- [4] Kuzel S, Nydl V, Kolar L, et al. Spatial variability of cadmium, pH, organic matter in soil and its dependence on sampling scales[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1994, 78(1): 51-59
- [5] 王志刚, 赵永存, 黄标, 等. 采样点数量对长三角典型地区土壤肥力指标空间变异解析的影响[J]. 土壤, 2010, 42(3): 421-428
- [6] 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): 2 586-2 595
- [7] 吕真真, 刘广明, 杨劲松, 等. 环渤海沿海区域土壤养分空间变异及分布格局[J]. 土壤学报, 2014, 51(5): 944-952
- [8] 赵明松, 张甘霖, 王德彩, 等. 徐淮黄泛平原土壤有机质空间变异特征及主控因素分析[J]. 土壤学报, 2013, 50(1): 1-11
- [9] 马渝欣, 李徐生, 李德成, 等. 江淮丘陵地区农田表层土壤有机碳空间变异——以定远县为例[J]. 土壤, 2014, 46(4): 638-643
- [10] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 47-80
- [11] Goovaerts P. Geostatistics in soil science: State-of-the-art and perspectives[J]. Geoderma, 1999, 89(1/2): 1-45
- [12] 胡伟, 邵明安, 王全九. 黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异的尺度性研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 11-16
- [13] 杨帆, 章光新, 尹雄锐, 等. 松嫩平原西部土壤盐碱化空间变异与微地形关系研究[J]. 地理科学, 2009, 29(6): 869-873
- [14] 钟晓兰, 周生路, 李江涛, 等. 长江三角洲地区土壤重金属污染的空间变异特征——以江苏省太仓市为例[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 33-40
- [15] 张玉铭, 毛任钊, 胡春胜, 等. 华北太行山前平原农田土壤养分的空间变异性研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(11): 2 049-2 054
- [16] Schimel D S, Braswell B H, Holland E A, et al. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1994, 8(3): 279-293
- [17] Hook P B, Burke I C. Biogeochemistry in a shortgrass landscape: Control by topography, soil texture, and microclimate[J]. Ecology, 2000, 81(10): 2 686-2 703
- [18] Brejda J J, Mausbach M J, Goebel J J, et al. Estimating surface soil organic carbon content at a regional scale using the National Resource Inventory[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65(3): 842-849
- [19] Oades J M. The retention of organic matter in soils[J]. Biogeochemistry, 1988, 5(1): 35-70
- [20] 梁爱珍, 张晓平, 杨学明, 等. 土壤细颗粒对有机质的保护能力研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 748-752

Spatial Variability Characteristics of Soil Nutrients in Jianghuai Hilly Region ——A Case Study of Dingyuan County, Anhui Province

ZHAO Mingsong^{1,2}, LI Decheng^{2*}, ZHANG Ganlin², ZHANG Zhaodong³, WANG Lili³

(1 *School of Geodesy and Geomatics, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001, China*; 2 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China*; 3 *Soil and Fertilizer Station of Dingyuan County, Dingyuan, Anhui 233200, China*)

Abstract: In this research, Dingyuan County was chosen as a case in the Jianghuai hilly region. A total of 1 401 soil samples were obtained from soil testing and formulated fertilization of Dingyuan County. Spatial variability of organic matter (SOM), total nitrogen (TN), available phosphorus (AP), and available potassium (AK) in the surface layer of soils in this region were analyzed using the Geostatistics and GIS method. The factors influencing the spatial variability of soil nutrients were also investigated by means of correlation analysis and variance of analysis. The results showed that the average contents of SOM, TN, AP and AK were 17.74 g/kg, 1.04 g/kg, 3.45 mg/kg and 115.00 mg/kg, respectively. The coefficients of variation for these soil nutrients ranged from 28.85% to 73.38%, belonging to a moderate level of variation. Geostatistical analysis suggested that semivariance functions of soil nutrients were fitted by exponential model. There was a moderate spatial autocorrelation among these soil nutrients. Spatial autocorrelation of SOM and TN was slightly stronger than that of AP and AK. Soil nutrients were distributed spatially in patches. The contents of SOM, TN and AK decreased along the direction from southeast to northwest in spatial distribution. AP content decreased from west to east of Dingyuan County. Topography and soil types were main factors influencing the spatial variability of soil nutrients in Dingyuan County.

Key words: Soil nutrients; Spatial variability; Geostatistics; Kriging interpolation