

江苏北部县域土壤有机质空间变异特征

张忠启, 于法展, 李保杰, 吴金龙

(江苏师范大学 城市与环境学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:苏北地区是江苏省的粮食主产区,掌握该地区的土壤有机质空间变异特征对苏北乃至全省农业生产均有重要意义。以江苏省沛县为案例,利用网格法采集了 324 个土壤样品,通过经典统计和地统计方法研究了该县的土壤有机质空间分布特征。结果表明:该县土壤有机质含量均值为 20.10 g/kg,变异系数为 0.42,属中等变异程度;土壤有机质空间自相关性为中等程度,自相关距离为 26 700 m;全县土壤有机质含量主要集中在 12~18,18~24 g/kg 和 24~30 g/kg 三个等级,且在空间上由东向西逐渐降低,分布规律明显,主要受土壤类型与土地利用方式的空间分布的影响,并分析了该县不同区域土壤有机质含量的提升潜力,为该县乃至苏北地区制定合理的农业管理措施提供参考。

关键词:土壤有机质; 空间变异; 地统计学; 江苏沛县

中图分类号:S153.6⁺21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0219-04

Spatial Variation Characteristic of Soil Organic Matter in a County of North Jiangsu Province

ZHANG Zhong-qi, YU Fa-zhan, LI Bao-jie, WU Jin-long

(College of Urban and Environmental Sciences, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

Abstract: North Jiangsu is a major grain production area in Jiangsu Province. Understanding the regional spatial variation characteristic of soil organic matter is important for agricultural production of Jiangsu Province. Taking Peixian County as the study area, the spatial variability of soil organic matter on the basis of 324 soil samples collected through the county was investigated. The results showed that: the mean value of soil organic matter content was 20.10 g/kg, and the corresponding variation coefficient was 0.42, belonging to medium level of variability. The auto-correlation distance of soil organic matter was 26 700 m. Moreover, soil organic matter contents were mainly concentrated in the three levels of 12~18, 18~24 and 24~30 g/kg and decreased regularly from east to west, closely relating to the distribution of soil types and land use patterns. It is indicated that the different region has different promotion potential of soil organic matter. It will provide reference for making agricultural management measures to Peixian County, even whole north Jiangsu.

Key words: soil organic matter; spatial variability; geostatistics; Peixian County of Jiangsu Province

土壤有机质(soil organic matter, SOM)是土壤物质重要组成成分之一,其含量大小及动态平衡不仅反映土壤质量和健康状况,直接制约着土壤肥力水平和作物产量的高低^[1-2],而且是评价区域土壤碳库储量及时空演变的重要指标,准确掌握其空间分布特征可以为制定高效农业和环境管理措施提供依据^[3-4]。由于复杂的成土过程及日益增强的人类活动影响,土壤有机质通常呈现出较强的空间变异性^[4]。为较好的把握土壤有机质空间变异特征,国内很多学者在不同区域开展了研究^[5-7]。其中,江苏省作为全国经济发达且人地矛盾突出的地区,土壤学相关研究较为深

入,目前主要以苏南太湖流域土壤属性的研究最为广泛,如 20 世纪 80 年代张家骥等利用统计学方法对江苏南部土壤有机质的空间分布特征及与其他土壤属性之间的关系开展研究^[8]。随着地理信息系统和地统计学的发展,土壤有机质研究逐渐深入,曹慧等利用地统计学方法研究了江苏南部太湖丘陵地区高强度开发背景条件下土壤肥力质量的空间变异特点,并指出土地利用方式对土壤有机质含量有重要影响^[9]。孙瑞娟通过对 2000 年与第二次土壤普查(1979—1982 年)相对应地块土壤性状的比较,对太湖流域的常熟等县市的土壤肥力变化趋势及原因进行了分析,

收稿日期:2012-03-30

修回日期:2012-05-01

资助项目:江苏省高校自然科学基金项目(12KJD210003);江苏师范大学自然科学基金项目(10XLR28);徐州市科技计划项目(XZZD1201)

作者简介:张忠启(1978—),男,江苏丰县人,博士,主要从事土壤资源环境研究。E-mail:zhangzq128@126.com

指出近 20 a 来土壤有机质含量出现了较大幅度的提高^[10]。Darilek 等利用 1994 年和 2004 年土壤采样点数据,得出张家港市的水稻土的有机质年平均增加速率为 2.15 g/kg^[11]。从已有的研究来看,对苏南地区土壤有机质开展研究很多,而苏北地区的相关研究却一直受到忽略。然而,苏北地形平坦且耕地面积广阔,一直是江苏省的主要粮食产地,该地区的土壤有机质等肥力指标的研究对全省的粮食生产有重要意义。鉴于此,本研究选择江苏省北部的沛县为研究区,以全县高密度采样点为基础,研究其土壤有机质的空间分布特征,为该地区的农业施肥、管理等措施的制定提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

江苏省沛县地处东经 116°41′—117°09′,北纬 28°04′—28°37′,东临微山湖,西和南分别与江苏丰县和铜山县接壤,并有大沙河从西部穿过,北与山东省鱼台县毗邻,总面积约 1 291 km²。该县属暖温带半湿润季风气候,四季分明,气候温和,年日照时数和无霜期均较长,年平均气温为 13.8℃,年平均降水量 766 mm^[12]。全县属黄泛冲击平原,地势较为平坦,西南略高于东北,土地利用方式以旱地和水—旱田为主,其中旱地与水—旱田的比例约为 2.2:1,林果园零散分布,土壤以黄泛冲击物为母质发育而成,主要分为沙土、两合土、淤土和轻盐碱土四大类,约占全县土壤的 90%,其中两合土为本区冲击平原的主要土类。该县主要种植作物为小麦、玉米、水稻、大豆和棉花等。

1.2 样品采集及分析

2007 年 7 月份农作物收割后,在全县范围内采用正方形网格布点采样,网格大小为 2 km×2 km,在每个网格中心位置附近约 30 m 的范围内取 5 个土壤样品,充分混合后取 500 g 为 1 个混合样品,共计采集 342 个,采样点包含了该县的沙土、两合土、淤土和轻盐碱土 4 种主要土壤类型,其样点数量分别为 59,200,59 和 6 个(图 1)。所有样品均采自耕层(0—20 cm),采样时用 GPS 记录每个样点的经纬度,并描述各样点的土地利用、土壤类型和成土母质等相关信息。土壤有机质用重铬酸钾(K₂Cr₂O₇)氧化—滴定法测定^[13]。

1.3 地统计学方法及数据处理软件

传统统计学将土壤属性假定为随机变量,忽略了其空间特性。而地统计学方法则将土壤属性视为区域化变量,以半方差函数为基本工具,对既具有随机性又具有结构性的土壤属性在空间上的分布进行研

究。普通克里格是基于区域化变量理论,通过空间相关的随机函数模型计算可获取变量的线性加权组合,从而对待估点进行预测^[3,14],其估计公式为:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (2)$$

式中: $Z^*(x_0)$ ——待估点 x_0 处的估计值; $z(x_i)$ ——实测值; λ_i ——分配给每个实测值的权重, $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$; n ——参与 x_0 点估值的实测值的数目。

土壤有机质数据的经典统计分析采用 SPSS 13.0,半方差函数及理论模型拟合利用地统计学软件 GS+7.0,空间插值图在 ArcGIS 9.2 下完成。

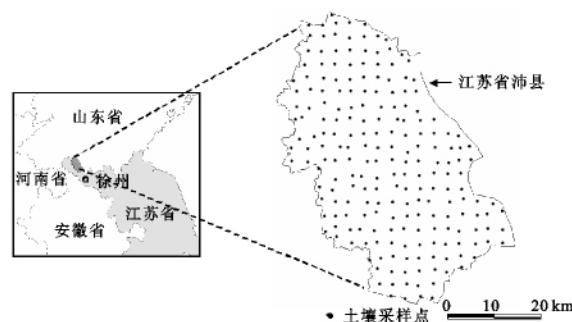


图 1 研究区位置及采样点分布

2 结果与分析

2.1 土壤有机质的统计分析

所有采样点土壤有机质含量的统计分布及特征值如表 1 所示。由表 1 可知,所有样点的土壤有机质含量的最小和最大值分别为 2.36,49.18 g/kg,后者约为前者的 21 倍。有机质含量的均值为 20.10 g/kg,按第二次土壤普查的养分分级标准,属于中等(20~30 g/kg)偏低水平,低于苏南地区和全国的平均含量^[11,15]。有机质含量的标准差为 8.40 g/kg,变异系数为 0.42,属中等变异程度。而从四种土壤类型来看,沙土的有机质含量最低(27.26 g/kg),而淤土的含量最高(13.29 g/kg),几乎为沙土的 2 倍。两合土和轻盐碱土的含量则介于沙土和淤土之间。

2.2 土壤有机质数据的地统计分析

土壤有机质含量数据的半方差函数拟合模型及相关参数见表 2。最优理论拟合模型为球状模型,其决定系数为 0.939,说明理论模型能较好地反映该地区土壤有机质的空间结构特征。 C_0 和 Sill 分别表示块金值和基台值,而块基比值 $C_0/Sill$ 表示由随机部分引起的空间变异占系统总变异的比。若该比值较高,则说明由随机部分引起的空间变异性程度较大;相反,则由空间自相关部分引起的空间变异性程度较大。通常来讲, $C_0/Sill$ 小于 0.25,说明区域化变量具有强烈的空间相关性; $C_0/Sill$ 在 0.25~0.75,其

空间相关性为中等; C_0/Sill 大于 0.75,则变量空间相关性很弱。从本研究的块基比值来看,沛县土壤有机质具有中等程度的空间自相关性。该理论模型的变程说明其自相关距离大小,研究区的变程为 26 700 m,表明本研究中的采样点间距(2 000 m)完全能满足土壤有机质空间变异的需要。

表 1 沛县各土壤类型有机质含量的描述统计

土壤类型	样点数量	最小值/(g·kg ⁻¹)	最大值/(g·kg ⁻¹)	均值/(g·kg ⁻¹)	标准差/(g·kg ⁻¹)	变异系数/%
沙土	59	2.36	33.04	13.29	5.22	39
两合土	200	4.80	49.18	20.06	7.04	35
淤土	59	6.64	46.23	27.26	9.25	34
轻盐碱土	6	6.94	30.22	17.95	10.96	61
总量	324	2.36	49.18	20.10	8.40	42

表 2 沛县土壤有机质含量半方差函数拟合模型及参数

样点数量	分布类型	理论模型	C_0	Sill	C_0/Sill	范围/m	R^2
324	正态分布	球状模型	0.436	1.228	0.355	26700	0.939

2.3 土壤有机质的空间分布特征

通过地统计学克里格方法得到的沛县土壤有机质空间分布如图 2 所示。图 2 表明,该县土壤有机质在空间上具有较强的规律性,其东北部地区含量较高,局部地区的含量超过 30.0 g/kg,越往西南方向有机质含量逐渐减少,西南部局部地区的有机质含量不足 12.0 g/kg。这与沛县的土壤类型与土地利用方式有重要关系,由于沛县东临微山湖,该地区土壤母质多为微山湖湖相沉积,质地较细,比较粘重,土壤类型多为淤土,土壤肥力较高,加上水源充足,灌溉条件便利,是全县主要的稻—麦轮作地区。该地区多年以来禁止作物秸秆焚烧污染环境,大力推广作物秸秆还田技术,如秸秆粉碎还田、高留茬还田、堆沤腐熟还田及家禽过腹还田等,农作物秸秆还田面积及还田量均较高,加上其水分条件充足,还田秸秆进入土壤后经微生物分解转化为腐殖质等有机质,并利于有机质的积累,所以该地区土壤有机质含量较高。而西部有大沙河流过,黄泛冲积物为主要成土母质,故土壤多为沙壤,中部多为壤质,土壤肥力和灌溉条件相对较差,多为玉米/小麦轮作,该地区虽然进行了秸秆还田技术的推广,但由于旱地土壤的水分条件限制,秸秆进入土壤后腐烂过程较慢,对作物种植及管理造成不便,故农民的积极性较低,造成旱作区秸秆还田的面积和还田量均小于水旱轮作区,导致该地区土壤有机质含量偏低。

从各土壤有机质含量等级的统计结果(图 3)来看,全县土壤有机质含量的分布多集中在 12.0~18.0,18.0~24.0,24.0~30.0 g/kg 共 3 个等级,所占面积比例分别为 33.9%,33.6%,23.3%;按照全国土壤养分分级标准,全县范围内的土壤有机质含量中低水平所占比例较大,特别是中西部地区土壤有机质含量明显偏低,对当地的农业生产造成一定影响,同时也说明该县在土壤肥力方面还有较大的提升潜

力,在提升土壤肥力过程中要注重种养结合,坚持在施用有机肥的基础上优化施肥结构,同时改进秸秆还田技术,改善旱作区的灌溉条件,培肥地力。从有机质含量超过 30.0 g/kg 等级的比例来看,其面积较小,仅为3.9%,主要分布在邻近微山湖的水田区,表明该县有机质含量达到丰富水平的面积较小,且与全国其他地区的水田土壤有机质含量有较大差距^[15],对其水稻产量造成影响,仍需制定合理的管理和耕作措施来提高有机质含量和土壤肥力,以提升当地的粮食产量。

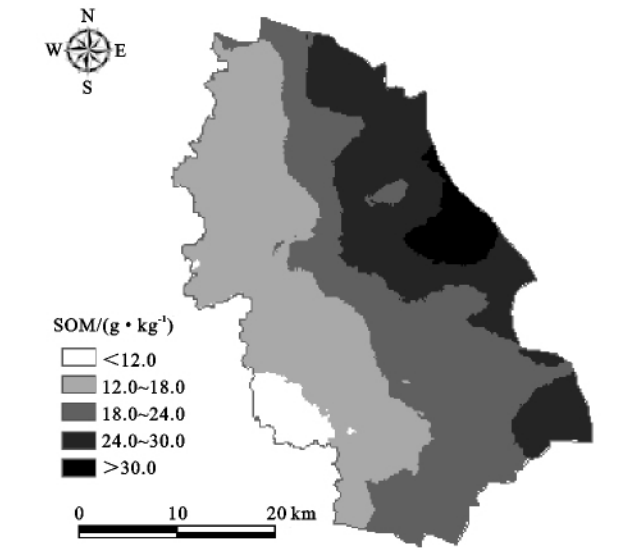


图 2 沛县土壤有机质含量空间分布

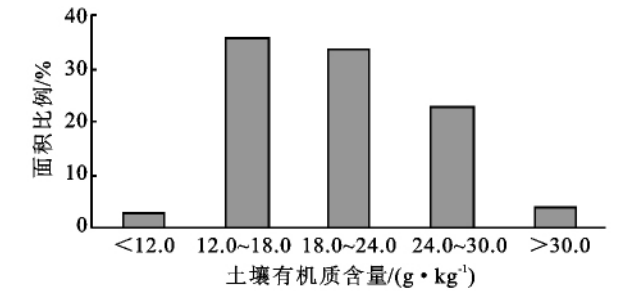


图 3 不同土壤有机质含量等级的面积比例

3 结 论

本研究利用地统计学和地理信息系统(GIS)相结合的方法分析了沛县土壤有机质含量的空间变异特征,结果表明该县土壤有机质含量均值为 20.10 g/kg,其中淤土含量最高(27.26 g/kg),沙土含量最低(13.29 g/kg);土壤有机质含量的空间自相关程度为中等程度,自相关距离达到 26 700 m;全县范围内土壤有机质空间分布存在明显的规律性,由东向西逐渐降低,与土壤类型及土地利用的方式关系密切;从有机质含量的等级分布看,该县土壤有机质含量水平为中等偏低,特别是中西部地区,土壤有机质含量有较大的提升潜力,需要从耕作和管理上采取措施以提升土壤肥力。

参考文献:

- [1] Huang B, Sun W X, Zhao Y C, 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.
- [2] 张忠启,史学正,于东升,等. 南方红壤丘陵区土壤有机质和全氮含量的空间预测研究[J]. *生态学报*, 2010, 30(19): 5338-5345.
- [3] Yu D S, Zhang Z Q, Shi X Z, et al. Effect of sampling density on detecting the temporal evolution of soil organic carbon in hilly red soil region of South China[J]. *Pedosphere*, 2011, 21(2): 207-213.
- [4] Wissing L, Kölbl A, Vogelsang V, et al. Organic carbon accumulation in a 2000-year chronosequence of paddy soil evolution[J]. *Catena*, 2011, 87(3): 376-385.

- [5] 邱建军,王立刚,李虎,等. 农田土壤有机碳含量对作物产量影响的模拟研究[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(1): 154-161.
- [6] 孔祥斌,张凤荣,王茹,等. 基于 GIS 的城乡交错带土壤养分时空变化及格局分析:以北京市大兴区为例[J]. *生态学报*, 2003, 23(11): 2210-2218.
- [7] 罗明,潘先章,孙波,等. 江西余江县土壤有机质含量的时空变异规律研究[J]. *土壤*, 2008, 40(3): 403-406.
- [8] 章家琪,汪雅各,庞金华,等. 土壤 pH、有机质和机械组成对背景值的影响[J]. *上海农业学报*, 1989(2): 31-35.
- [9] 曹慧,杨浩,孙波,等. 流域丘陵地区土壤养分的空间变异[J]. *土壤*, 2002(4): 201-205.
- [10] 孙瑞娟,王德建,林静慧. 太湖流域土壤肥力演变及原因分析[J]. *土壤*, 2006, 8(1): 106-109.
- [11] Darilek J L, Huang B A, Wang Z G, et al. Changes in soil fertility parameters and the environmental effects in a rapidly developing region of China[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment* 2009, 129(1/3): 286-292.
- [12] 江苏沛县土壤普查办公室,沛县土种志[M]. 北京:中国农业出版社,1985:5-7.
- [13] 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,2000:108-109.
- [14] 张建杰,李富忠,胡克林,等. 太原市农业土壤全氮和有机质的空间分布特征及其影响因素[J]. *生态学报*, 2009, 29(6): 3163-3172.
- [15] 吴乐知,蔡祖聪. 中国土壤有机质含量变异性与空间尺度的关系[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(9): 965-972.

(上接第 218 页)

- [14] 韩宇平,郭卫宁. 我国调水工程生态补偿机制初探[J]. *中国水利*, 2008(12): 1-7.
- [15] 段跃芳,孙永平. 南水北调中线工程丹江口库区外移民安置策略探析[J]. *三峡大学学报:人文社会科学版*, 2010, 32(5): 15-18.
- [16] Wackernagel M, Rees W. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*[M]. Gabriella Island: New Society Publishers, 1996.
- [17] Wackernagel M, David J. The ecological footprint: an indicator of process toward regional sustainability[J]. *Environment Monitoring and Assessment*, 1998, 51(1/2): 511-529.
- [18] Wackernagel M, Rees W. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective[J]. *Ecological Eco-*

- nomics*, 1997, 20(1): 3-24.
- [19] Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statistical Database: Agricultural Data* [M]. 1993.
- [20] 蔡海生,肖复明,张学玲. 基于生态足迹变化的鄱阳湖自然保护区生态补偿定量分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(6): 623-627.
- [21] 王亮. 基于生态足迹变化的盐城丹顶鹤自然保护区生态补偿定量研究[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(3): 272-280.
- [22] 杨志平. 基于生态足迹变化的盐城市麋鹿自然保护区生态补偿定量研究[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(2): 261-264.
- [23] 李潇. 湖北省 2008 年生态足迹与生态承载力分析[J]. *区域发展*, 2009(5): 234-238.