

土壤碱解氮空间变异与合理采样点数量研究

张忠启, 于法展, 李保杰

(江苏师范大学 城市与环境学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要:掌握土壤碱解氮变异特征是合理施肥与精准农业发展的前提,而合理采样点数量的确定是高效获取土壤碱解氮空间变异特征的基础。本研究基于江苏省沛县内约 38 km² 的区域中 148 个均匀分布的土壤采样点,分析了土壤碱解氮的空间变异特征,并通过区域随机抽样理论,计算了不同置信水平和误差等级的合理采样点数量。研究表明,沛县土壤碱解氮的平均含量为 109.97 mg/kg,变异系数为 0.29,其在空间分布上以中部和东南部局部地区土壤碱解氮含量较高,而东北部地区含量较缺乏;在 95% 置信水平上,当误差为 5% 和 10% 时的合理土壤采样点的数量分别为 69 个和 27 个;而在 90% 置信水平上,两误差等级所需合理采样点的数量分别为 56 个和 20 个。研究结果可为该地区土壤养分调查时高效采样方案的制定提供参考。

关键词:土壤碱解氮; 空间变异; 合理采样点数量; 江苏北部

中图分类号: S135.6⁺21

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0066-03

Spatial Variation Characteristics and Reasonable Sampling Size of Soil Available Nitrogen

ZHANG Zhong-qi, YU Fa-zhan, LI Bao-jie

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

Abstract: Understanding the spatial distribution characteristics of soil available nitrogen is the precondition for making agricultural and environmental policies. Determination of reasonable sample size is the base of obtaining the distribution characteristics of soil available nitrogen efficiently. On the basis of 148 soil sampling points, the spatial distribution characteristics of soil available nitrogen were analyzed, and the reasonable sample sizes were estimated by the regional random sampling theory. The results indicated that the mean soil available nitrogen content was 109.97 mg/kg, and its coefficient of variation was 0.29. The available nitrogen content was higher in the central and southeastern regions of the study area. At 95% confidence level, the reasonable sampling sizes were 69 and 27 samples, respectively, with respect to the corresponding 5% and 10% error grades. Accordingly, the sample sizes were 56 and 20, respectively, at the 90% confidence level. The research results can provide reference for making efficient sampling strategy in terms of soil nutrient survey in this region.

Key words: soil available nitrogen; spatial variability; reasonable sampling size; northern Jiangsu province

土壤氮素是土壤的重要属性,是植物生长发育的必需营养元素之一,它以多种方式参与土壤系统内的各种代谢过程,是评价土壤质量的重要指标之一^[1-2]。其中碱解氮能较好地反映近期内土壤氮素供应状况和氮素释放速率,是反映土壤供氮能力的重要指标之一。另一方面,土壤全氮不仅能形成多种形式的温室气体,同时也是农业面源污染的重要来源^[3]。准确掌

握土壤氮素的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。由于受到自然因子及日益增强的人类活动影响,土壤碱解氮通常呈现出较强的空间变异性^[4-6]。为了掌握土壤全氮的空间变异特征,土壤学工作者在不同空间尺度上开展了相关研究^[7-9]。然而不管在何种尺度上,通过有限的土壤采样点来揭示碱解氮的空间变异特征是其主要手

收稿日期: 2012-06-29

修回日期: 2012-10-31

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

作者简介: 张忠启(1978—),男,江苏丰县人,博士,讲师,主要从事土壤资源与土壤地理学研究。E-mail: zhangzq128@126.com

段^[10]。相对于土壤碱解氮空间变异特征的研究,区域土壤采样的样点数量研究还相对较少。而采样点数量的确定是制定高效区域土壤养分调查方案的重要环节,它既影响到土壤碱解氮空间变异特征的揭示,也关系到研究成本^[11]。因此,合理的土壤采样点数量的确定对土壤碱解氮空间变异研究意义重大。鉴于此,本研究以江苏北部潮土区的旱地土壤为例,通过高密度采样点对土壤碱解氮的空间变异特征进行预测,估算不同精度要求下所需的土壤样点数量,以期得到揭示研究区土壤碱解氮空间变异的合理采样点数量,为制定高效合理的区域土壤养分调查方案提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于江苏省沛县中部地区,东经 116°49′—116°56′,北纬 34°41′—34°45′,总面积约 38 km²,该地区四季分明,气候温和,属暖温带半湿润季风气候,年日照时数和无霜期均较长,年平均降水量 766 mm,年平均气温为 13.8℃。研究区内地势平坦,处在微山湖西部低洼区,母质多为黄泛冲击物经微山湖再次沉积的湖相沉积物,质地较为细腻,土壤类型主要为淤土,局部地区为两合土。土地利用方式以旱地为主,部分地区为稻麦轮作,主要种植作物有小麦、玉米、大豆、棉花和水稻等^[12]。

1.2 土壤样品采集与处理

于 2009 年 7 月份农作物收割后,按照空间均匀分布的原则,在约 38 km² 的区域内随机布设了 148 个土壤采样点,在每个网格中心位置附近约 20 m 的范围内在土壤表层(0—20 cm)取 4~5 个样品,充分混合后取 500 g 土为 1 个混合样品。采样时用 GPS

记录每个采样点的经纬度,并记录各样点的土壤类型、成土母质、土地利用类型等相关信息。土壤碱解氮含量用碱解扩散法测定^[13]。

1.3 空间插值分析

土壤碱解氮的空间插值选用地统计学的普通克里格方法,其半方差函数及理论模型拟合利用地统计学软件 GS⁺7.0,其半方差函数拟合模型的选择以拟合误差最小为原则。土壤碱解氮空间分布的插值在 ArcGIS 9.3 下完成。

1.4 合理采样点数量的确定

区域碱解氮合理采样点数量 n 的确定按照区域随机抽样理论^[14]进行,其计算公式为:

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0 / N}$$
 (1)

$$n_0 = \left| \frac{t \times S}{\sigma} \right|^2$$
 (2)

式中: N ——总样点数量; S ——总体碱解氮平均含量标准偏差; t ——根据自由度在 t 统计表上特定置信水平下的检验值; σ ——碱解氮平均含量水平的最小误差。

2 结果与分析

2.1 土壤碱解氮含量统计特征

研究区 148 个土壤样品的碱解氮含量统计如表 1 所示。所有样点中,碱解氮含量的最小和最大值分别为 43.12 和 223.01 mg/kg,后者约为前者的 5 倍;研究区碱解氮平均值为 109.97 mg/kg,根据全国第二次土壤普查土壤养分的分级标准,其含量属于中等水平;碱解氮含量的变异系数为 0.29,属于中等程度变异;所有样点的偏态和峰度系数分别为 0.61 和 0.74,表明研究区碱解氮含量基本符合正态分布。

表 1 土壤碱解氮含量的描述统计

属性	样点数量	含量/(mg·kg ⁻¹)				变异系数	偏态系数	峰度系数
		最小值	最大值	均值	标准差			
碱解氮	148	43.12	223.01	109.97	31.58	0.29	0.61	0.74

2.2 土壤碱解氮含量空间变异特征

土壤碱解氮含量数据的半方差函数及其拟合模型分别见表 2 和图 1。采样点碱解氮半方差函数的最优拟合模型为指数模型,其拟合决定系数达到 0.838;半方差函数的块金值(C_0)为 0.297,基台值(sill)为 0.995,两者的比值(即 C_0 /sill)为 0.298,表明研究区土壤碱解氮约 30%的变异性是由空间随机部分引起

的,而约 70%的变异性是由碱解氮(区域化随机变量)的结构性变异引起的,按照空间自相关的强度划分,其属于中等程度的空间自相关^[15],宜使用地统计学空间插值方法对土壤碱解氮进行空间预测。该模型的最大自相关距离为 3 600 m,远超过本研究的平均采样间距(约 500 m),因此认为采样点的数量是适合进行土壤碱解氮的空间特征分析的。

表 2 土壤碱解氮含量值的半方差函数模型及其参数

样点数量	分布类型	理论模型	块金值	基台值	块金系数	自相关距离/m	决定系数
148	正态分布	指数模型	0.297	0.995	0.298	3600	0.838

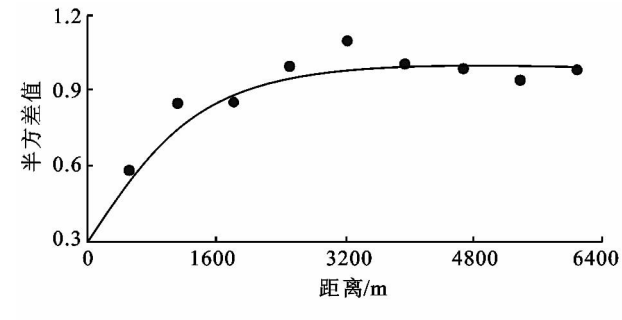


图 1 土壤碱解氮含量半方差函数

通过普通克里格方法进行空间插值得到的土壤碱解氮含量空间分布如图 2 所示。研究区的中部和东南部地区碱解氮含量较高,部分地区含量超过 120 mg/kg,达到丰富的程度,这主要是因为中部和东南部地区多为稻麦轮作区,粮食产量及给农户带来的收入明显高于旱作区,故农户重视程度高,氮素的投入明显高于其他旱作区域,造成其全氮含量明显高于其他地区。而东北部地区以旱作为主,粮食产出与收益整体低于稻麦轮作区,农户投入也相对较少,导致多处局部地区的含量值低于 90 mg/kg,土壤中碱解氮含量等级为缺乏,对当地的农业生产造成了不利影响。

2.3 碱解氮合理采样点数量分析

根据区域随机抽样理论,本研究在 95%和 90%

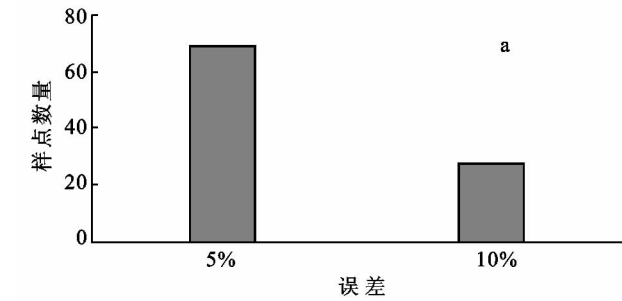


图 3 95%(a)和 90%(b)置信水平上的土壤碱解氮合理样点数量

两种置信水平,以及 5%和 10%两种误差等级上计算了揭示研究区土壤碱解氮空间变异性所需的采样点数量。

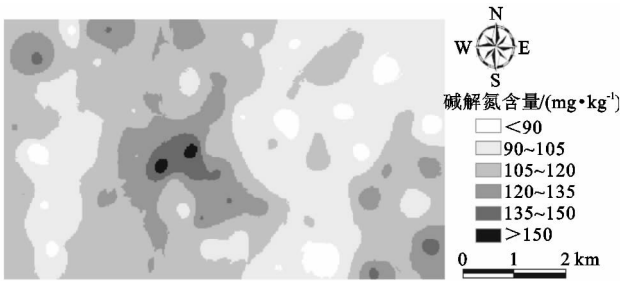
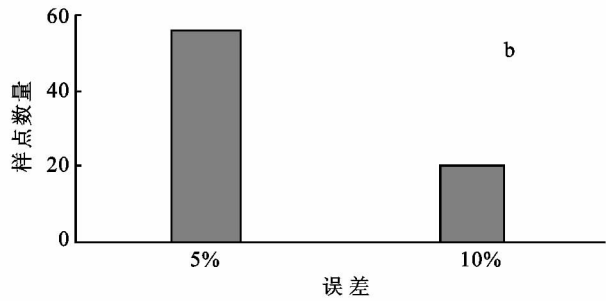


图 2 研究区土壤碱解氮空间分布

由图 3 可以看出,在 95%的置信水平上,5%和 10%两种误差等级所需的采样点数量分别为 69 个和 27 个;而在 90%的置信水平上,5%和 10%两种误差等级所需的采样点数量分别为 56 个和 20 个,研究者可根据不同的精度要求,确定相应的采样点数量。可见在同一置信水平上,误差等级的要求对确定合理的土壤采样点数量有较大影响;而在同一误差等级上,置信水平对合理采样点数量亦产生重要影响。因此,土壤碱解氮的空间变异性大小、采样的精度要求及置信水平是确定采样点数量时需考虑的重要因素。



3 结论

江苏省沛县土壤碱解氮含量属于中等程度变异,半方差函数分析表明,碱解氮变异性 70%为结构性变异,属于中等程度的空间自相关。由于土壤水分条件和土地利用方式的差异,造成土壤碱解氮含量在研究区中部及东南部地区较高,而在东北部地区较低,不利于当地的农业生产。通过区域随机抽样理论,发现在 95%置信水平上,当误差为 5%和 10%时,分别通过 69 个和 27 个采样点可反映土壤碱解氮的空间变异特征;而在 90%置信水平上,两误差等级所需合理采样点数量分别为 56 个和 20 个。研究结果可为江苏北部地区土壤养分调查或实施测土配方施肥时高效土壤采样方案的制定提供依据。

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] 王海江,崔静,侯振安,等. 不同品种滴灌棉花水氮效应差异性比较[J]. 水土保持研究, 2011, 18(2): 152-154.

[3] 刘吉平,刘佳鑫,于洋,等. 不同采样尺度下土壤碱解氮空间变异性研究:以榆树市农田土壤为例[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 106-110.

[4] 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.

的蒸散发。该问题在未来一段时间仍是遥感反演模型研究的重点和难点。针对此类问题,在下一步研究过程中将尝试利用其它遥感数据(如 MODIS 数据),来研究长时间尺度的 ET 反演问题。

参考文献:

- [1] Huang J, van den Dool, Huug M, et al. Analysis of model calculated surface moisture over the United States (1931—1993) and applications to long-range temperature forecasts[J]. J. Clim., 1996, 9(6): 1350-1362.
- [2] 詹志明. 区域遥感蒸散发模型方法研究[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(6): 364-368.
- [3] 张长春, 魏加华, 王光谦, 等. 区域蒸发量的遥感研究现状及发展趋势[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 174-177.
- [4] 郭晓寅, 程国栋. 遥感技术应用于地表面蒸散发的研究进展[J]. 地球科学进展, 2004, 19(1): 107-111.
- [5] 高彦春, 龙笛. 遥感蒸散发模型研究进展[J]. 遥感学报, 2008, 12(3): 515-518.
- [6] Bastiaanssen W G M, Menenti M, Feddes R A, et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. formulation [J]. Journal of Hydrology, 1998, 212/213: 198-212.
- [7] Bastiaanssen W G M, Pelgrum H, Wang J, et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. validation [J]. Journal of Hydrology, 1998, 212/213: 213-229.
- [8] 刘志武, 雷志栋, 党安荣, 等. 遥感技术 SEBAL 模型在干旱区腾发量估算中的应用[J]. 清华大学学报, 2004, 44(3): 421-424.
- [9] 陈玲. 基于改进的 SEBAL 模型估算区域蒸散发[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [10] 曾丽红, 宋开山, 张柏, 等. 基于 SEBAL 模型的扎龙湿地蒸散量反演[J]. 中国农业气象, 2008, 29(4): 420-426.
- [11] Richard G. A, Luis S, Pereira D R, et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements (FAO irrigation and drainage paper No. 56) [M]. 联合国粮农组织, 1990: 195-207.
- [12] 林朝晖. 气候模式中的反馈机制及模式改进的研究[D]. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 1996.
- [13] 覃志豪, Zhang M, Karnieli A, 等. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 2001, 6(4): 456-466.
- [14] Zhang Z Q, Yu D S, Shi X Z, et al. Effect of sampling classification patterns on SOC variability in the red soil region, China[J]. Soil and Tillage Research, 2010, 110(1): 2-7.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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, 1999.
- [18] Sharon L L. Sampling: Design and Analysis[M]. Beijing: China Statistics Press, 2002.
- [19] Kerry R, Oliver M A. Comparing sampling needs for variograms of soil properties computed by the method of moments and residual maximum likelihood[J]. Geoderma, 2007, 140(4): 383-396.

(上接第 68 页)

- [5] 唐海明, 孙国峰, 肖小平, 等. 轮耕对双季稻田土壤全氮、有效磷、速效钾质量分数及水稻产量的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(3): 420-424.
- [6] Mazzoncini M S, Tek Bahadur, Barberi Paolo, et al. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content[J]. Soil and Tillage Research, 2011, 114(2): 165-174.
- [7] 张世熔, 孙波, 赵其国, 等. 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.
- [8] 郭伟, 陈红霞, 张庆忠, 等. 华北高产农田施用生物质炭对耕层土壤总氮和碱解氮含量的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(3): 425-428.
- [9] 陈军, 张红霞, 钟文, 等. 黄土丘陵区人工造林对不同土壤类型理化特性的影响[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 42-47.