

西江下游典型流域森林土壤全氮元素的空间分布研究*

王 洋¹ 何超银¹ 齐 也¹ 江 瑶^{1,2}
康 剑^{1,2} 张中瑞¹

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650)

摘要 为探究西江下游典型流域森林土壤全氮含量的空间分布规律, 以该流域 0~100 cm 深度的 5 层土壤为研究对象, 基于普通克里金空间插值法和 GIS 平台, 对森林土壤全氮在该流域的分布情况进行预测。结果表明: (1) 全氮在 0~100 cm 中含量的平均值为 664.51 mg/kg, 在 D1~D5 层均值分别为 802.31 mg/kg、670.82 mg/kg、654.07 mg/kg、606.94 mg/kg 和 588.40 mg/kg, 从上至下呈下降趋势; (2) 各土层间全氮含量差异性结果显示, D1 与其他各层均具有显著差异性, D2 与 D4、D5 差异性显著, 其他土层之间无显著差异性; (3) 空间分布预测结果显示: 土壤全氮含量在水平方向基本呈南高北低的趋势, 从垂直分布情况来看, D1 层土壤全氮含量显著高于其他层, 随后基本呈先下降后上升趋势。西江下游典型流域森林土壤全氮含量呈南高北低趋势, 并随着土层深度增加呈下降趋势。

关键词 西江; 森林土壤; 全氮; 空间分布

中图分类号: S714.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2022) 05-0006-05

Spatial Distribution of Soil Total Nitrogen in Typical Lower Xijiang River Basin

WANG Yang¹ HE Chaoyin¹ QI Ye¹ JIANG Yao^{1,2}
KANG Jian^{1,2} ZHANG Zhongrui¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510650, China)

Abstract In order to explore the spatial distribution of forest soil total nitrogen content in the typical lower Xijiang River basin, the distribution of forest soil total nitrogen in this watershed was predicted based on the general Kriging spatial interpolation method and GIS platform, taking five layers of soil with 0-100cm depth as the research object. The results showed that: (1) The average content of total nitrogen in 0-100cm was 664.51 mg/kg, and in D1-D5 layers was 802.31 mg/kg, 670.82 mg/kg, 654.07 mg/kg, 606.94 mg/kg and 588.40 mg/kg, respectively. A downward trend from top to bottom. (2) The difference of total nitrogen content among soil layers showed that D1 was significantly different from other layers, D2 was significantly different from D4 and D5, but there was no significant difference among other soil layers. (3) Spatial distribution prediction results showed that soil total nitrogen content in the horizontal direction was higher in the south than in the north. From the perspective of vertical distribution, soil total nitrogen content in D1 layer was significantly higher than that in other layers, and then basically decreased first and then increased. The total nitrogen content of forest soil in the typical lower of Xijiang River basin was higher in the south and lower in the north, and decreased with the increase of soil depth.

Key words Xijiang River; forest soil; total nitrogen; spatial distribution

* 基金项目: 广东省生态林业建设项目“林地土壤调查”。

第一作者: 王洋 (1992—), 女, 助理工程师, 主要从事林业经济研究, E-mail: 1094689939@qq.com。

通信作者: 张中瑞 (1987—), 男, 高级工程师, 主要从事森林土壤研究, E-mail: zhangzhongrui126@126.com。

土壤质量是指土壤提供植物养分和生产生物物质的土壤肥力质量, 容纳、吸收、净化污染物的土壤环境质量, 以及维护保障人类和动植物健康的土壤健康质量的总和^[1]。森林土壤是森林植被的基础, 土壤质量的高低直接影响森林的生长发育。土壤养分(氮、磷、钾、有机碳等)作为最基础的土壤属性, 代表了土壤的肥力状况, 决定了土壤为森林提供营养物质的能力, 土壤的养分循环也有助于维持良好的森林生态环境^[2]。氮素是陆地生态系统主要的限制元素, 影响植物光合作用和初级生产过程^[3], 植物根系吸收土壤氮素, 合成为氨基酸, 从而构成蛋白质分子, 组成植物有机体, 故此土壤氮素含量的高低可以评价生态系统的生产力^[4]。

普通克里金插值法是通过一组具有 z 值的分散点生成估计表明的高级地统计过程, 是挖掘土壤元素空间分布特征和分布规律的有效“以点带面”的方法^[5]。本文以西江下游典型流域为研究对象, 基于普通克里金空间插值法, 预测分析区域内全氮在水平和垂直方向的分布特征, 以期

了解西江下游流域土壤质量状况, 为今后该区域生态修复措施的实施、生态环境评价和利用提供科学依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

研究区域位于西江下游区域, 主要分布在江门市。江门市位于珠江三角洲的西部, 坐标为东经 $111^{\circ}59'$ ~ $113^{\circ}15'$, 北纬 $21^{\circ}27'$ ~ $22^{\circ}51'$, 属亚热带季风气候区, 冬短夏长, 气候宜人, 雨量丰沛, 光照充足。无霜期在360天以上, 全年无雪。地貌特征为北低西高, 以低山丘陵为主, 丘陵面积占土地总面积46.8%。

1.2 土壤样点布设

采用专题布点和空间随机布点相结合的方式, 依据土壤属性空间分布预测模型质量要求, 在土壤调查区域内生成抽样网格, 并进行无人机踏查及各调查专题点的高分辨率DEM衍生数据提取, 确定土壤样点布设位置及调查线路^[6], 共布设121个样点(图1)。

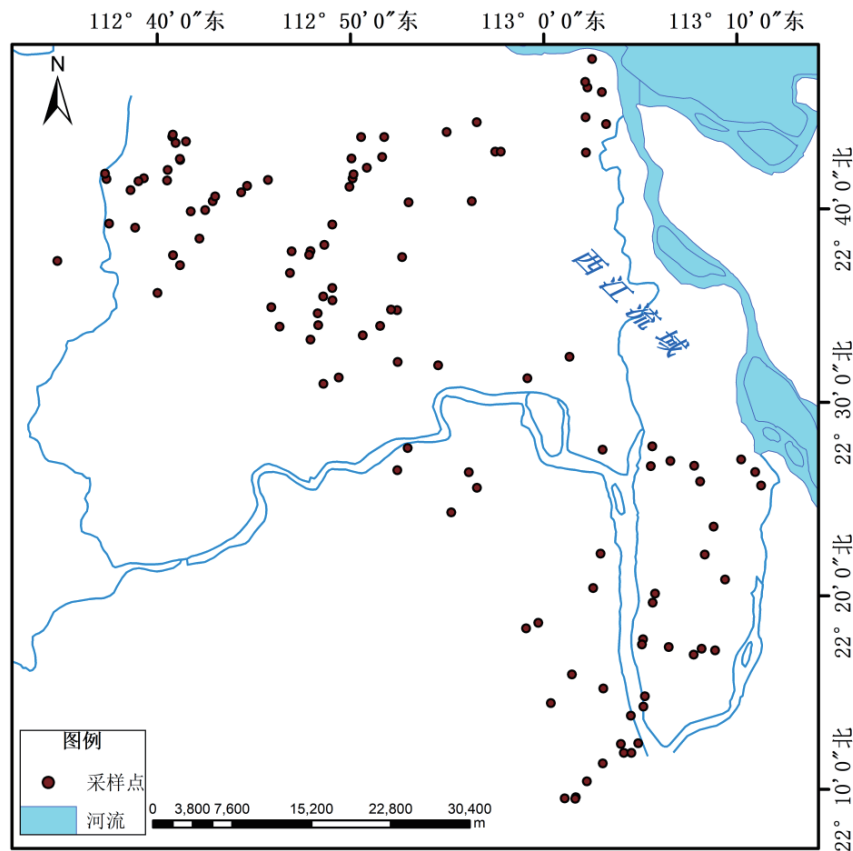


图1 西江下游流域森林土壤样点布设

Fig. 1 Layout of forest soil samples in lower Xijiang River Basin

1.3 土壤样品采集

将布设样点的地理坐标定位到林相图上的地籍小班,借助 GPS 找到样点区域。根据样点布设要求信息,如地籍号、植被类型、坡位、坡向、坡度、坐标点等,在误差允许范围内(所在小班距离样点坐标半径 100 m 内)选择土壤发育条件稳定,没有经过挖沟、整修等人为扰动的地方,确定剖面点位置,进行调查。

在每个样点挖掘 3 个土壤剖面(长 1.2~1.5 m,宽 0.8~1.0 m,高 1.0~1.2 m),分 5 层取样,由上至下依次为 0~20 cm (D1)、20~40 cm (D2)、40~60 cm (D3)、60~80 cm (D4)、80~100 cm (D5),每层均匀采集土壤(不少于 500 g),装入密封袋带回实验室,用于测定土壤全氮含量。土壤全氮含量采用凯氏法^[7]。

1.4 研究方法与数据处理

采用 Excel 2019 软件进行数据处理和汇总,应用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。用普通克里金空间插值法对研究区域的全氮含量分布情况进行空间预测,用 ArcGIS 10.7 对空间分布图预测进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同森林土壤层全氮含量描述性统计

西江下游典型流域森林土壤分为 5 个土壤层,由表层至深层依次为 D1、D2、D3、D4、D5 层,不同土壤层全氮含量描述性统计如表 1 所示。5 个土壤层全氮的平均值和中位数由表层至深层均依次降低,其中平均值在 D1~D5 土壤层分

别为 802.31 mg/kg、670.82 mg/kg、654.07 mg/kg、606.94 mg/kg 和 588.40 mg/kg。全氮含量的最小值,在 D4 土壤层为 214.71 mg/kg, D1~D4 土壤层含量逐渐减少, D4~D5 层呈上升趋势。标准误差和标准差最大值出现在 D1 层,随着土壤深度的增加无明显趋势。D1~D5 土壤层的峰度值和偏度值显示,5 个土壤层均呈现偏正态分布,其中 D1 土壤层的偏度和峰度值最低,分别为 0.79 和 0.46。

2.2 不同森林土壤层全氮含量对比分析

如图所示,土壤全氮含量的平均水平在 D1 层最高,随着土层深度的增加,全氮含量逐渐降低。不同层次土壤之间全氮含量的差异性不尽相同。其中, D1 与其他层次土壤均呈现显著差异性; D2 与 D3 层土壤差异不显著,与 D4~D5 层土壤差异性显著; D3~D5 层土壤之间差异不显著。

2.3 森林土壤全氮含量空间分布特征

如图 3 所示,西江下游流域 D1-D5 层土壤全氮含量分别位于 251.18~1625.80 mg/kg、245.67~1371.24 mg/kg、229.16~1735.88 mg/kg、214.71~1343.72 mg/kg、229.85~1639.56 mg/kg 的范围内。从水平分布情况来看,5 个土层全氮含量均呈现南高北低的趋势,其中 D1 层土壤全氮含量南北差异明显高于其他土层, D3 层土壤全氮含量水平分布的差异性最小。从垂直分布情况来看, D1 层土壤全氮含量显著高于其他层,随着土层加深,全氮含量下降,到 D3 层降至最低,随后 D4 层全氮含量较 D3 层明显增加, D5 层全氮含量较 D4 层又略有下降。整体来讲,土壤全氮含量在水平方向基本呈南高北低的趋势,在垂直方向上基

表 1 西江下游典型流域森林土壤全氮含量描述性统计

Tab.1 Descriptive statistical table of forest soil total nitrogen content in lower Xijiang River Basin

统计指标 Statistical indicators	土壤层 /cm Layer				
	D1	D2	D3	D4	D5
最小值 /(mg/kg) Minimum	251.18	245.67	229.16	214.71	229.85
最大值 /(mg/kg) Maximum	1625.80	1371.24	1735.88	1343.72	1639.56
中位数 /(mg/kg) Median	752.73	646.78	575.22	533.26	507.11
平均值 /(mg/kg) Average	802.31	670.82	654.07	606.94	588.40
标准误差 /(mg/kg) Standard error	27.11	21.96	24.55	22.28	23.72
标准差 /(mg/kg) Standard deviation	298.21	241.53	270.07	245.04	260.92
峰度 Kurtosis	0.46	0.66	2.76	1.14	2.69
偏度 Skewness	0.79	0.92	1.56	1.25	1.60

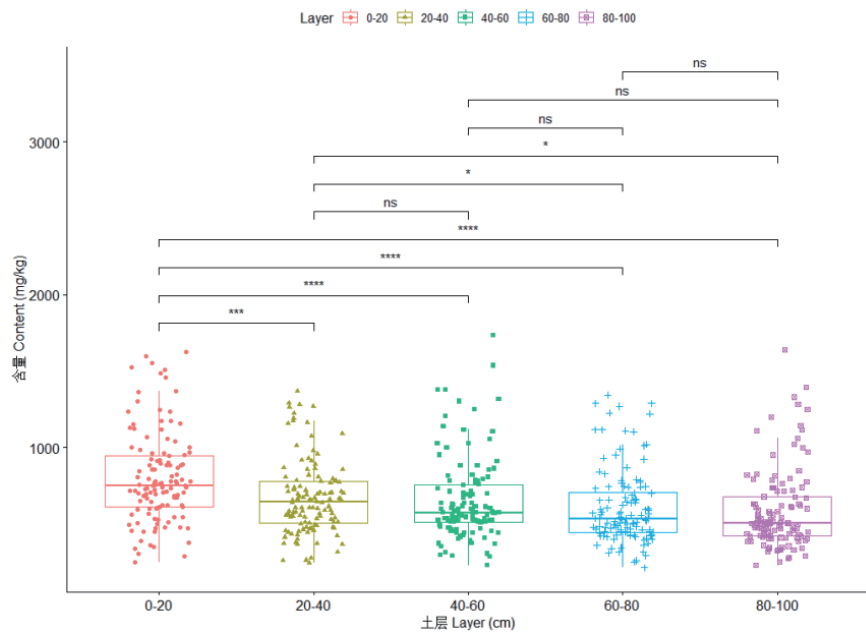
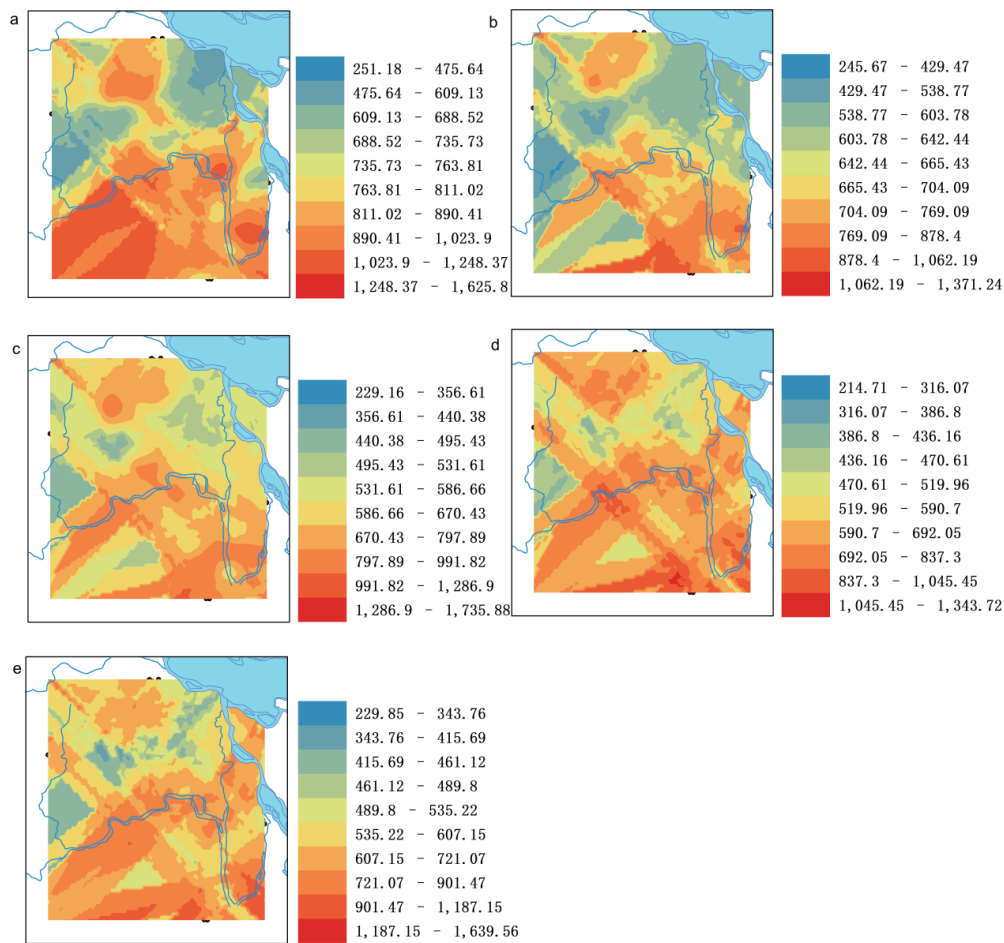


图 2 西江下游流域森林土壤全氮含量箱线图

Fig. 2 Box line diagram of soil total nitrogen content in lower Xijiang River Basin



注：a-e 分别为 D1~D5 层土壤。单位为 mg/kg。

Note:a to e are soil layers D1-D5,respectively, the units are mg/kg.

图 3 西江下游流域不同土壤层森林土壤全氮含量空间分布

Fig.3 Spatial distribution of soil total nitrogen content in forests of different soil layers of lower Xijiang River Basin

本呈先下降后上升趋势。

3 结论与讨论

对研究区域内 121 个样点的全氮含量进行常规计算统计分析,结果显示土壤全氮含量的变化范围为 214.71~1 735.88 mg/kg,土壤全氮均值为 664.51 mg/kg。根据全国第二次土壤普查养分分级标准^[8],研究区域的土壤全氮为 V 级标准,因此,在后续的经营过程中,要注意施肥还养,加强土壤全氮肥效的补充,促进林木的生长。

不同层次土壤之间全氮含量的差异性结果显示: D1 与其他层次土壤均呈现显著差异性, D2 与 D4、D5 层土壤差异性显著,其余土层间差异性不显著。这可能是由于下层土壤基本性质比较稳定,所以全氮含量差异性不显著^[9]。

根据预测分布图显示,水平来看,研究区域中土壤全氮分布整体呈南部高、北部低的趋势。从垂直分布来看, D1 层的土壤全氮含量最高,这与前人研究结果一致^[10-12],这可能是因为主要在表层土壤施肥,肥料在表层土壤中积累的较多。但与各层全氮均值变化趋势不同的是,全氮含量预测图中各层土壤并未随着土层的加深呈现逐渐下降的趋势,而是在 D2 层处于最低水平,随后在 D3、D4 层呈上升趋势,在 D5 层全氮含量又略有下降。猜测由于土壤氮容易淋溶到水体中,在渗漏水的作用下由土壤上部向下部迁移,导致 D2~D4 层土壤全氮含量呈上升趋势,需要对研究结果进行进一步的分析验证。

参考文献

- [1] 范燕敏.天山北坡中段伊犁绢蒿荒漠退化草地土壤质量的演变与评价及预警系统的研究[D].乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2009.
- [2] 靖亭亭.东北黑土区土壤关键特性空间变异及驱动因素研究[D].西安: 西安科技大学, 2021.
- [3] 金涛.施氮肥对几种旱地土壤呼吸和红壤性稻田碳排放的影响[D].武汉: 华中农业大学, 2006.
- [4] 何奕忻, 孙庚, 罗鹏, 等.牲畜粪便对草地生态系统影响的研究进展[J].生态学杂志, 2009, 28(2): 322-328.
- [5] 刘钰.基于普通克里金插值法的加州土壤铅含量空间分布研究[J].农业技术与装备, 2022(3): 41-43.
- [6] 郑妍, 江瑶, 孙冬晓, 等.华南沿海地区林地土壤养分空间异质性研究[J].林业与环境科学, 2020, 36(6): 110-114.
- [7] 国家林业局.森林土壤氮的测定:LY/T1228-2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [8] 全国土壤普查办公室.全国第二次土壤普查暂行技术规程[M].北京:农业出版社, 1979.
- [9] 顾永波.乌江中上游流域土壤氮的空间分布特征及其影响因素[D].天津:天津师范大学, 2022.
- [10] 王峰, 陈玉真, 尤志明, 等.不同类型茶园土壤有机碳、氮剖面分布特征[J].福建农业学报, 2014, 29(09):891-897.
- [11] 曾伟, 陈雪萍, 王珂.基于地统计学和GIS的低丘红壤养分空间变异及其分布研究:以龙游县低丘红壤为例[J].浙江林业科技, 2006, 26(3): 1-6.
- [12] 张志坚, 刘苑秋, 吴春生, 李晓东, 刘亮英, 李应文.基于地统计学和GIS的江西省森林土壤养分空间分布特征[J].水土保持研究, 2018, 25(1):38-46.