

福建省土壤有机碳空间分布特征研究

周杰¹, 林俊杰², 靳少非^{2*}

(1. 中国科技出版传媒股份有限公司(科学出版社), 北京 100717; 2. 闽江学院地理科学系, 福建福州 350108)

摘要 摸清土壤有机碳的含量和空间分布是碳循环研究基础问题之一。基于第二次全国土壤普查数据, 选取福建省作为研究区域, 估算该省土壤有机碳空间分布特征, 结果表明, 福建省范围内, 有机碳含量自内陆到沿海地区逐渐减少, 闽北地区最高, 闽西地区次之, 最低为闽中沿海地区; 表土层土壤有机碳含量与次表层土壤有机碳之间存在显著性差异, 而淋溶层与母质层之间不存在显著性差异。

关键词 有机碳; 空间分布; 福建省

中图分类号 S153.6 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)11-0059-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.11.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Spatial Distribution of Soil Organic Carbon in Fujian Province

ZHOU Jie¹, LIN Jun-jie², JIN Shao-fei² (1. China Science Publishing & Media Ltd, Beijing 100717; 2. Department of Geography, Minjiang University, Fuzhou, Fujian 350108)

Abstract Finding out the content and spatial distribution of soil organic carbon is one of the fundamental issues in carbon cycle research. Based on the second national soil census data, we selected Fujian Province as the research area to estimate the spatial distribution characteristics of soil organic carbon in Fujian Province. On the surface, in Fujian Province, the spatial distribution of organic carbon content decreased gradually from inland to coastal areas, the highest in the northern part of Yunnan, the second in western Yunnan, and the lowest in the coastal area of central Guizhou. There was a significant difference between the topsoil and the subsurface's soil organic carbon, there was no significant difference between the leaching layer and the parent layer.

Key words Organic carbon; Spatial distribution; Fujian Province

土壤有机碳是土壤质量的核心, 是全球碳循环和气候变化研究的核心内容, 其碳源、碳汇功能在调节碳平衡、减缓温室气体体积分数上升方面具有不可替代的作用, 成为全球变化的研究热点之一^[1-3]。土壤有机碳在生态系统中起着重要作用, 其含量是大气碳库的3倍、植被碳库的2.5倍^[1]。研究土壤有机碳储量空间分布特征, 对于土壤有机碳碳库的精确估算有重要意义。

Fang等^[4]利用745个土壤剖面估算了我国有机碳储量为185.68 Pg; 潘根兴^[5]利用第二次土壤普查资料估算我国有机碳储量为50 Pg; 王绍强等^[6]利用1:400万中国土壤图估算我国有机碳储量为92.4 Pg; 金峰等^[7-8]利用相同资料估算我国区域有机碳储量为81.8 Pg; Wu等^[9]利用第二次土壤普查资料估计我国区域有机碳总储量为77.4 Pg; Xie等^[10]基于1:400万土壤图利用第二次普查的2456个剖面估算得出我国区域0~1 m土层有机碳总量为84.4 Pg; 于东升等^[11-12]利用1:100万中国土壤图以及7300个剖面信息分析得出1 m内的有机碳储量为89.14 Pg。

尽管在全国尺度上, 利用不同方法手段相继进行了我国土壤有机碳库的研究, 而在省域尺度上的研究, 尤其是关于福建省土壤有机碳含量及其分布状况的研究少见^[13]。该研究以福建省第二次土壤普查数据为主要资料, 估算福建省土壤有机碳含量, 研究其空间分布特征, 旨在为我国土壤有机碳库和有机碳分布研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 福建省位于我国东南沿海(115°50'~120°40'E, 23°33'~28°20'N), 陆地总面积12.14万km², 其中山地、丘陵面积超过全省总面积的80%, 素有“八山一水一分田”之称。福建省地跨闽江、晋江、九龙江、汀江四大水系, 属于亚热带海洋性季风气候。年平均气温为14.6~21.3℃, 年均降水量为1037~2051 mm, 气候温暖, 雨量充足。福建省土壤类型以红壤为主, 占全省土壤总面积63.41%; 水稻土为分布最广的耕作土壤, 占全省土壤总面积8.71%; 其他土壤类型(如滨海盐土、潮土、风砂土、山地草甸土、石灰土等)的面积相对较小^[14]。

1.2 数据来源 数据主要为中国第二次土壤普查数据^[15], 它详细地记载了福建省的土壤状况, 包括土壤剖面的地理位置、有机质含量、主要性状、典型剖面等。

福建省土壤类型主要包括赤黏土、黄赤土、霞潭赤黏土、九峰赤黏土、赤土、金岗山赤土、赤水黄红泥土、盖洋红泥土、红泥土、黄红泥土、邵武红泥土、桐木关红黄泥土、厚棕麻砂土、南平黄砂泥土、山黄泥、乌山黄泥、雪山黄泥、前亭黑赤泥、新桥紫泥土、磺酸盐土、闽侯灰泥田、青底灰泥田、南屿乌泥田、黄底灰泥田、灰埭田、仙阳灰泥田、戴云黄泥田、螺城灰黄泥田、灰黄泥砂田、仙阳青泥田、青鳝泥田、龙津白鳝泥田、河市白底田。

1.3 研究方法 当前, 学术界以土壤表层1 m深度以内有机碳含量估算结果作为不同范围和区域的土壤有机碳库储量, 而该研究大部分土壤采样深度不超过1 m, 因此根据相对应的土壤深度进行计算。土壤有机碳与土壤有机质换算采用1.724作为转化系数。根据土壤属性、有机碳含量差别, 将土壤分成A、B、C三层, 其中A层为表土层, B层为淋溶

基金项目 福建省自然科学基金项目(2019J01768); 国家自然科学基金项目(41701099); 福建省高校杰出青年科研人才培养计划。

作者简介 周杰(1984—), 女, 山东淄博人, 从事地学编辑工作。* 通信作者, 讲师, 从事自然地理学研究。

收稿日期 2019-08-03

层,C层为母质层。

利用 ArcGIS 10.2 软件的地统计模块对数据进行 Kriging 插值分析和地统计分析,生成福建省全域不同地域、属性土壤有机碳含量分布图。采用 Microsoft Excel 对土壤样点进行分层处理,利用 SPSS 20.0 软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳含量分析

2.1.1 表土层土壤有机碳含量分析。A 层中,土壤有机碳含量最高的是雪山黄泥,含量最低的是黄赤土,二者相差 42.29 g/kg (图 1)。雪山黄泥归属于黄壤亚类,黄壤是中亚热带湿润地区发育的富含水合氧化铁的黄色土壤,多见于 700~1 200 m 的山区,具 O-A-AB-B-C 剖面构型。中度富

铝风化,有时多含三水铝石。土壤有机质累积较高,可达 100 g/kg,pH 4.5~5.5,多为林地,间亦耕种。黄壤的土壤富铝化程度低于红壤,而酸度通常略大于红壤。雪山黄泥的取样点位于泉州市永春县雪山顶部,属于有林地,剖面为英安质凝灰岩风化的残积物、草灌,富含有机碳,但并不利于耕种。

黄赤土属于赤红壤,赤红壤是亚热带季雨林下形成的强脱硅富铝化土壤,脱硅富铝风化程度仅次于砖红壤,比红壤强,铁的游离度介于二者之间。黏粒硅铝率 1.7~2.0,风化淋溶系数 0.05~0.15,具 A-Bs-C 剖面构型,盐基饱和度 15%~25%,pH 4.5~5.5,赤红壤剖面发育明显,具深厚的红色土层。黄赤土取样的漳州市诏安县汾水关,属于二级阶地的坡耕地,剖面呈花岗岩风化坡积物,常年种植木麻黄、桉树等,属于旱地,土地沙化严重,故有机碳含量最低。

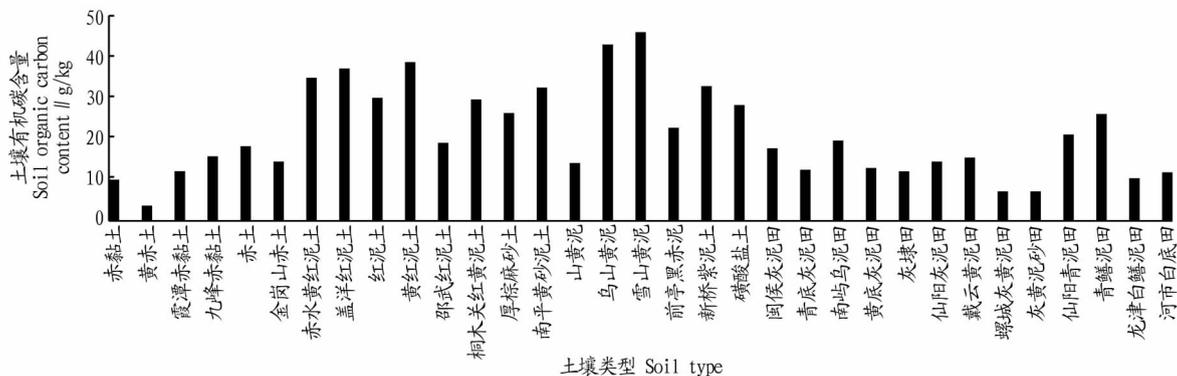


图 1 表土层不同土壤类型土壤有机碳含量

Fig. 1 Soil organic carbon content in different soil types in the surface layers

2.1.2 淋溶层土壤有机碳含量分析。B 层中,含量最高的青鳧泥田,可达 28.02 g/kg,最低为南平黄砂泥土的 1.51 g/kg,相差近 10 倍(图 2)。在 B 层土壤中,不同取样点的不同土壤之间有机碳含量差异较大,除厚棕麻砂土、乌山黄泥、仙阳灰泥田、青鳧泥田 4 种土类外,其余土类均处于 10 g/kg 以下。其中厚棕麻砂土属于棕壤,乌山黄泥是黄壤,仙阳灰泥田、青鳧泥田则归属于水稻土。棕壤多存在于湿润暖温带落叶阔叶林,但大部分已经垦殖,旱作为主。处于硅铝风化阶段,具有黏化特征的棕色土壤,土体见黏粒积淀,盐基充分淋失,pH 6.0~7.0,见少量游离铁。取样的厚棕麻砂土来自泉州市德兴县龙头乡,这里属于丘陵缓坡地,剖面为花岗岩风

化物,在土地用途分类中属于其他林地。乌山黄泥则取样于武夷山市黄岗山,属于中山北坡,剖面属性是花岗岩风化的残坡积物,目前用作林地、茶园,主要种植青冈栎、黄山松、箭竹等。水稻土面积在福建省土壤分布中名列第二,仅次于红壤,是福建省的主要土壤之一。长期季节性淹灌,水下耕翻,季节性脱水,氧化还原交替,使原来成土母质或母土的特性有重大改变,形成新的土壤类型。由于水稻土人为影响较大,故其同类土壤中的有机碳含量差异也是最悬殊的。来自泉州市德兴县花桥乡的青鳧泥田土和来自泉州市惠安县螺城双丘排的灰黄泥砂田,同位于泉州市,前者属于丘陵沟谷垄田,剖面是千枚岩风化物,目前用作水田,后者的剖面为滨

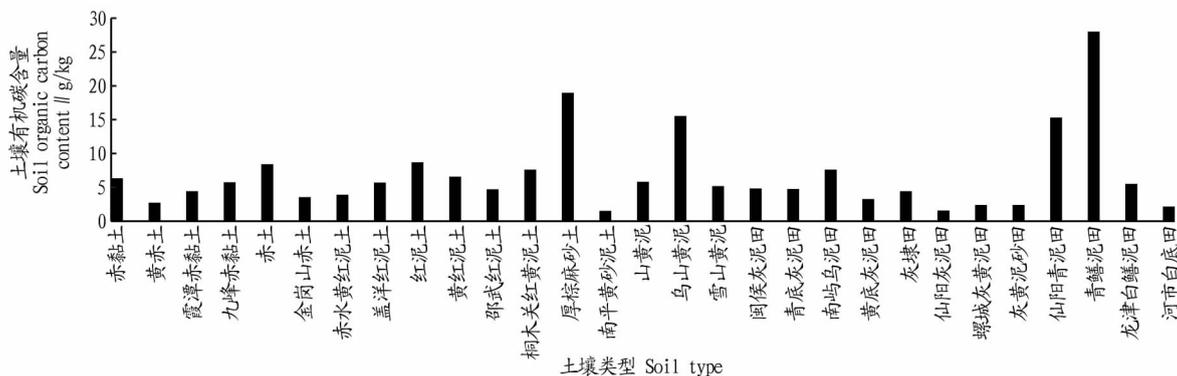


图 2 淋溶层不同土壤类型土壤有机碳含量

Fig. 2 Soil organic carbon content in different soil types in the leaching layers

海台地梯田上部,剖面为花岗岩风化物,同样用作水田。青鳉泥田具有良好的蓄水灌溉条件,土质发育良好,淀积层土壤含碳量保持一个较高的水准,而灰黄泥砂田位于沿海地带,受海水冲刷以及盐渍化影响,极难保存土壤有机碳。

2.1.3 母质层土壤有机碳含量分析。C 层中,含量最高的为前亭黑赤土,磺酸盐土则仅次于它,含量分别是 14.56、14.15 g/kg,含量最低的是仙阳灰泥田,为 1.16 g/kg (图 3)。前亭黑赤土取样于漳州市漳浦县前亭桥子头岭,属于海蚀台地,剖面为第三纪玄武岩风化的坡残积物,用地分类为旱地;前亭黑赤土归属于黑土,具 A-Abh-BhC-C 剖面构型。腐殖质层厚 30~60 cm,有机质含量一般 30~60 g/kg。底层具轻度滞水还原淋溶特征,可见小铁锰结核与灰白色硅粉,盐基饱和度在 80%以上,pH6.5~7.0,是一种高肥力土壤,现大多已垦为农地。

磺酸盐土源于漳州市云霄县东坑村,位于海滩地带,现在是一片红树林地。磺酸盐土在土地分类中属于滨海盐土,分布于沿海一带,母质为滨海沉积物,全体含有氯化物为主的可溶盐,呈 Az-Cz,主体构型。滨海盐土的土壤和地下水的盐分组成与海水基本一致,氯盐占绝对优势,次为硫酸盐和重碳酸盐。土壤含盐量 20~50 g/kg,地下水矿化度 10~30 g/L,土壤积盐强度随距海由近至远、从南到北而逐渐增强。土壤 pH 7.5~8.5,长江以北的土壤富含游离碳酸钙。

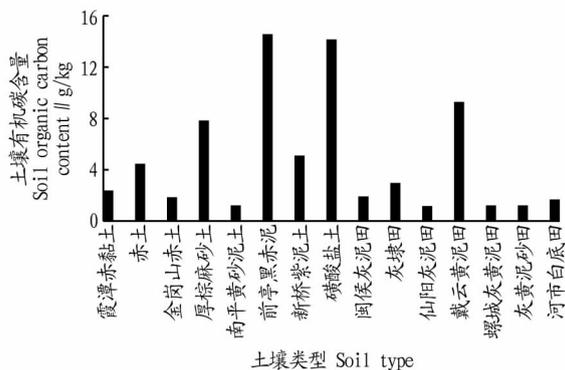


图 3 母质层不同土壤类型土壤有机碳含量

Fig. 3 Soil organic carbon content in different soil types in the parent layers

2.2 土壤有机碳含量空间分布格局

2.2.1 表土层土壤有机碳空间分布。由图 4 可知,福建省大部分地区的 A 层土壤有机碳含量处于 35.91~42.96 g/kg,西北部和中部局部地区可达 52.09~63.94 g/kg,沿海地区的有机碳含量较低且呈狭长状分布,总体上大致呈由北到南、由西到东逐渐减少的趋势。有机碳比较富集的区域为西北部南平市范围内的南平市区、建瓯市、建阳市、武夷山市一带,主要土类为乌山黄泥、桐木关红黄泥土、红泥土、南平黄砂泥土等,大体上都属于红壤、黄壤;中部的三明市境内的永安市、清流县一带,主要土类为盖洋红泥土;中南部的泉州市

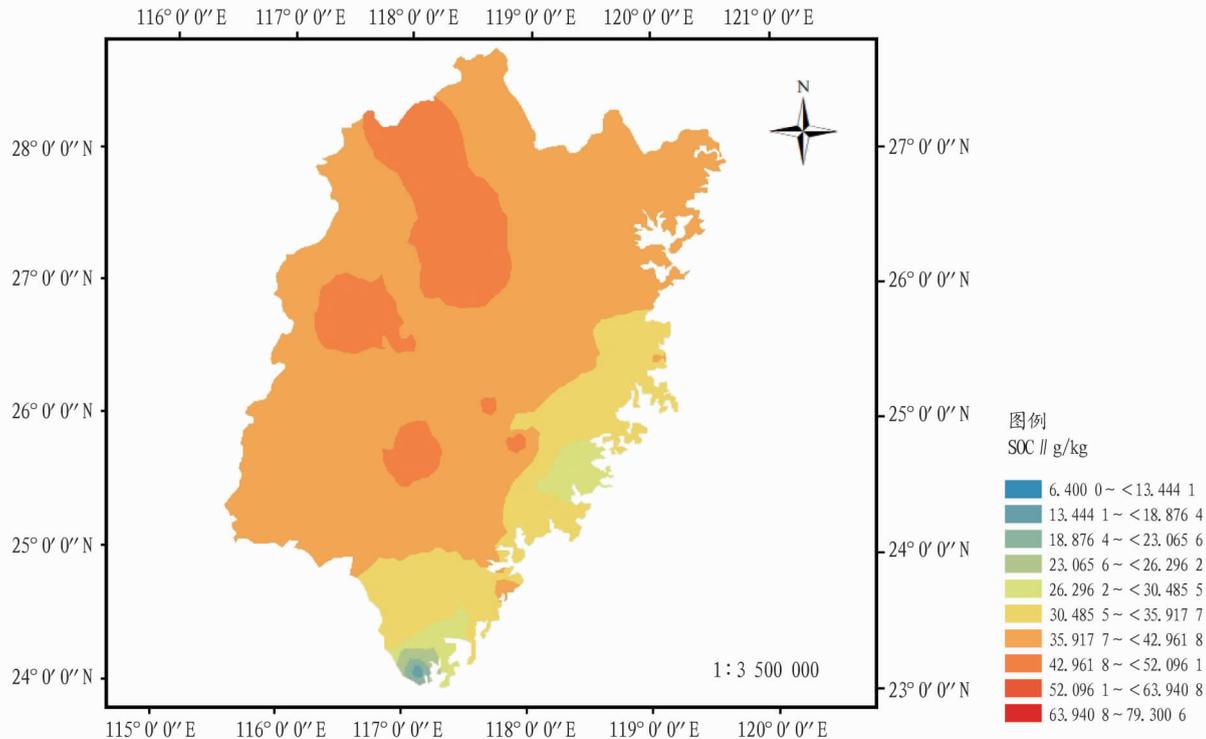


图 4 福建省表土层土壤有机碳含量空间分布

Fig. 4 Space distribution of soil organic carbon in the surface layers in Fujian Province

安溪一带,土壤取样为新桥紫泥土,属于紫色土。沿海一带土壤有机碳含量普遍偏低,最低处为漳州市的诏安一带,仅为 6.40~13.44 g/kg,为全省最低,土壤取样为赤黏土、黄赤

土、赤土,全部属于赤红壤,分布于土壤侵蚀较严重的丘陵山地地区。

2.2.2 淋溶层土壤有机碳空间分布。B 层土壤有机碳含量

的空间分布总体上呈南北两边高、中间低,西北高、东南低的状态。中部地区有机碳含量分布呈条带状,自三明偏北地区泰宁、沙县、尤溪始,至厦漳泉沿海一带,囊括了小部分的福州和莆田,将南北两部分含量较高的地区分隔开。其中含量

最高的地区为武夷山一带,达 18.75~28.96 g/kg,最低的地区为福州市境内的福清市一带与莆田市,呈同心圆分布,由外向内逐渐降低,由 7.82~8.24 g/kg 降低至福建省最低点 2.70~5.54 g/kg (图 5)。

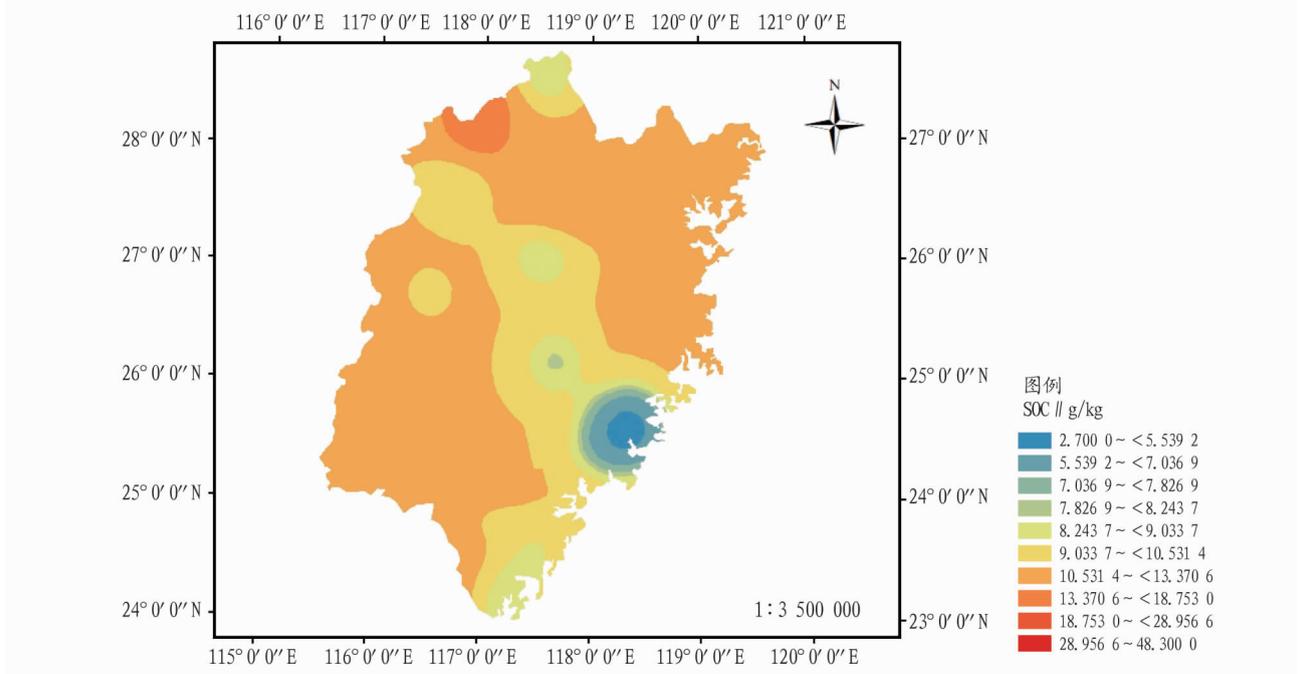


图 5 福建省淋溶层土壤有机碳含量空间分布

Fig. 5 Space distribution of soil organic carbon in the leaching layers in Fujian Province

2.2.3 母质层土壤有机碳空间分布。C 层土壤所呈现的有机碳含量空间分布比较平均,绝大部分处于 5.35~7.97 g/kg,少部分地区的土壤或高或低呈点状零星分布。大体上呈现不明显的由南到北有机碳含量逐步减少的趋势。

含量较高的为漳州市诏安及漳浦一带,达 7.97~12.54 g/kg,较低的为福清、莆田一片;福州市罗源、连江一带及南平市境内市区及浦城一带,仅有 3.87~5.36 g/kg(图 6)。

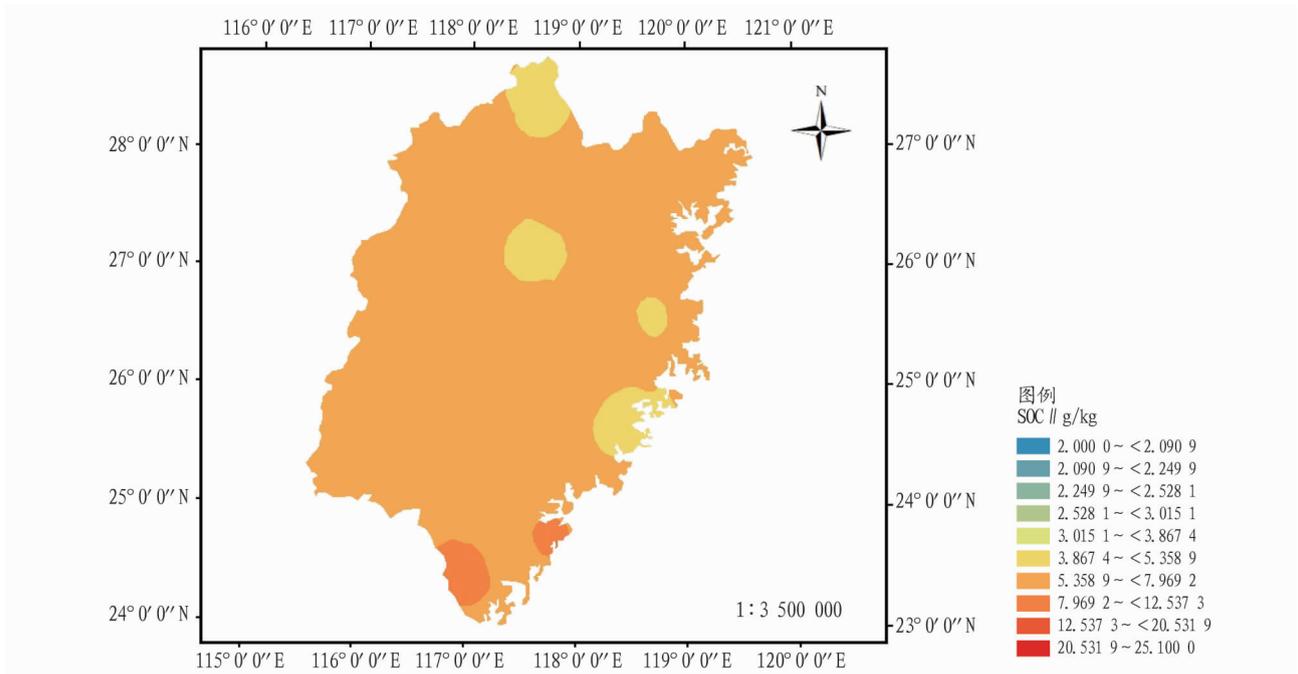
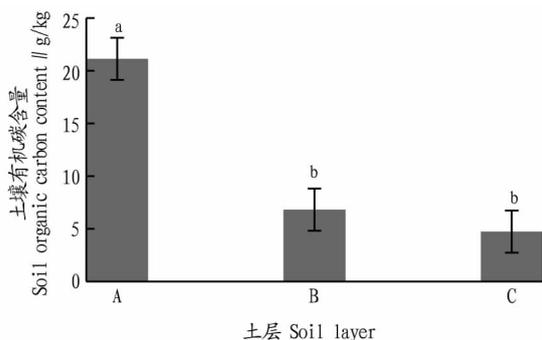


图 6 福建省母质层土壤有机碳含量空间分布

Fig. 6 Space distribution of soil organic carbon in the parent layers in Fujian Province

2.3 不同土层土壤有机碳含量分布差异 由图 7 可知, A 层土壤有机碳含量与 B 层、C 层土壤有机碳之间存在显著性差异, B 层与 C 层之间不存在显著性差异。



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters represent significant differences ($P < 0.05$)

图 7 不同土层土壤有机碳含量变化

Fig. 7 Change of soil organic carbon content in different soil layers

3 结论与讨论

3.1 土壤有机碳空间分布概况 依据此次研究可知,福建省范围内,有机碳含量的空间分布自内陆到沿海地区逐渐减少,闽北地区最高,闽西地区次之,最低为闽中沿海地区,五大地理区域土壤碳密度的顺序依次为闽北、闽西、闽东、闽南、闽中。因土壤类型、土地利用类型、成土母质、气候条件、降雨条件等一系列的影响而造成了许多差异。A 层土壤有机碳富集于中部,南部、东部沿海一带含量最低;B 层土壤有机碳高含量地区则是东部和北部,最低的地区为中部沿海一带;而 C 层土壤有机碳分布相对平均,最高处是东北部沿海地带。具体更为精确的有机碳分布情况仍需进一步研究。

3.2 土壤有机碳分层含量差异分析 福建省地势呈“依山傍海”态势,地势西北高,东南低,境内山地、丘陵的面积约占全省总面积的 90% 以上。土壤分布状况复杂,不同地区的土壤分层差异也很大。总体上看,从 A 层至 C 层,土壤有机碳含量不断下降。其中 A 层土壤有机碳与 B 层、C 层土壤有机碳之间均存在显著性差异, B 层与 C 层之间差异则不明显。福建省靠近北回归线,受季风环流和地形的影响,形成暖热

湿润的亚热带季风气候,各个地区水热条件的垂直分布也较为明显,造成了土壤各分层之间土壤有机碳含量的差异。

随着福建省生态文明建设的推进,生态环境质量持续改善,省内生态农业、林业蓬勃发展;绿色发展方式和生活方式的逐渐形成也必将对福建省土壤有机碳产生深远的影响。将来应以不同土壤类型的有机碳含量分布和碳储存特征研究为基础,深入探索深层土壤固碳机制,增强对福建省土壤有机碳库的研究,制定有益于土壤储存有机碳的生态策略,更好地利用福建省内良好的生态环境、增强生态效益。

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis [C] // STOCKER T F, QIN D, PLATTNER G K, et al. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [2] HEIMANN M. A review of the contemporary global carbon cycle and as seen a century ago by Arrhenius and Högbom [J]. AMBIO, 1997, 26(1): 17-24.
- [3] FALKOWSKI P, SCHOLES R J, BOYLE E, et al. The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system [J]. Science, 2000, 290(5490): 291-296.
- [4] FANG J Y, LIU G H, XU S L. Soil carbon pool in China and its global significance [J]. Journal of environmental sciences, 1996, 8(2): 249-254.
- [5] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究 [J]. 科技通报, 1999, 15(5): 330-332.
- [6] 王绍强, 周成虎, 李克让, 等. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析 [J]. 地理学报, 2000, 55(5): 533-544.
- [7] 金峰, 杨浩, 蔡祖聪, 等. 土壤有机碳密度及储量的统计研究 [J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 522-528.
- [8] 金峰, 杨浩, 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展 [J]. 土壤, 2000(1): 11-17.
- [9] WU H B, GUO Z T, PENG C H. Distribution and storage of soil organic carbon in China [J]. Global biogeochemical cycles, 2003, 17(2): 1-11.
- [10] XIE X L, SUN B, ZHOU H Z, et al. Soil organic carbon storage in China [J]. Pedosphere, 2004, 14(4): 491-500.
- [11] 于东升, 史学正, 孙维侠, 等. 基于 1:100 万土壤数据库的中国土壤有机碳密度及储量研究 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2279-2283.
- [12] YU D S, SHI X Z, WANG H J, et al. National scale analysis of soil organic carbon storage in China based on Chinese soil taxonomy [J]. Pedosphere, 2007, 17(1): 11-18.
- [13] 陈中星, 张楠, 张黎明, 等. 福建省土壤有机碳储量估算的尺度效应研究 [J]. 土壤学报, 2018, 55(3): 606-619.
- [14] 全国土壤普查办公室. 中国土种志: 第 3 卷 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [15] 福建省土壤普查办公室. 福建土壤 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1991: 287-289.

(上接第 56 页)

溉技术势在必行。整体而言, DI、MSI 效果最佳, LPI 次之。DI、MSI 是可以推荐的灌溉方式, 但需结合芒果果园种植特征选择合适的灌溉方式。水源水质较好, 建议使用 DI 灌溉方式; 水源水质一般, 坡度较大地区建议使用 MSI;

芒果的生长同样离不开肥料和药物, 关于芒果水肥药一体化技术成果将在下一阶段重点研究。

参考文献

- [1] 何堂熹, 何新华, 罗聪, 等. 广西百色芒果低产原因分析与改造技术 [J]. 农业研究与应用, 2018, 31(3): 49-53.
- [2] 何令祖, 吴卫熊, 李文斌. 桂西北山区芒果高效节水灌溉技术与推广 [J]. 广西水利水电, 2014(6): 85-88.

- [3] 王海丽, 古璇清, 王小军, 等. 芒果需水规律与适宜土壤水分灌溉调控技术研究 [J]. 中国农村水利水电, 2016(8): 125-127, 132.
- [4] 郭攀, 李新建, 栗世华, 等. 广西百色右江河谷芒果灌溉制度试验研究 [J]. 节水灌溉, 2018(6): 58-62.
- [5] 臧小平, 马蔚红, 张承林, 等. 芒果滴灌施肥效果研究初报 [J]. 广东农业科学, 2009(3): 75-77, 82.
- [6] 罗桂仙, 孙强, 补雪梅, 等. 攀枝花市芒果节水微灌制度研究 [J]. 节水灌溉, 2006(4): 16-19.
- [7] 方迪, 俞婷, 王迎. 滴灌系统在云南省高原特色农业灌溉中的优化设计要点 [J]. 水利发展研究, 2016(5): 38-42.
- [8] 刘国银, 魏军亚, 刘德兵, 等. 水分对芒果叶片、产量及果实品质影响的研究进展 [J]. 热带农业科学, 2015, 35(10): 1-5.
- [9] 刘志田, 罗关兴, 王军, 等. 水分对芒果果实生长及品质的影响 [J]. 中国热带农业, 2007(1): 31-32.
- [10] 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.