

沱江流域内江段土壤有机碳与其他要素的相关性分析

仇开莉^{1,2}, 陈文德², 彭培好^{1,2}, 刘应平³

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059; 2. 成都理工大学

生态资源与景观研究所, 成都 610059; 3. 四川省地质调查院, 成都 610081)

摘 要:通过对沱江流域内江段土壤有机碳与其他要素相关性的分析研究表明:农田土壤中的有机碳与 pH 值相关性不显著,即 pH 值对土壤有机碳的多寡、分布及稳定性的影响不明显。土壤有机碳含量与 S 元素呈极显著相关性(0.869 1),与 N 元素呈显著相关性(0.800 1),与 Se 呈较显著相关性(0.649 77),且均为正相关,即 S、N、Se 含量增加,土壤有机碳含量也增加;与 P 元素呈不相关关系(0.053 9);与 SiO₂ 呈较显著负相关关系(r 值为 -0.530 7)。土壤有机碳含量与 Cd、Zn、Pb、Hg 元素呈较显著相关性;与有效 B、有效 Cu、速效 K、水解性 N、有效 S、有效 Fe 的含量具有较明显的正相关性。

关键词:土壤有机碳;相关性分析;沱江流域

中图分类号:

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)03-0028-04

Analysis on Correlation between Soil Organic Carbon and Other Factors in Neijiang Section of Tuojiang River Basin

CHOU Kai-li^{1,2}, CHEN Wen-de², PENG Pei-hao^{1,2}, LIU Ying-ping³

(1. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Institute of Ecological Resources and Landscape, Chengdu University of Technology,

Chengdu 610059, China; 3. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610081, China)

Abstract: The analysis on correlation between soil organic carbon(SOC) and other factors in Neijiang section of Tuojiang River Basin is conducted. The results show that the differences in SOC of soil with different pH were not significant, which means that pH doesn't significantly affect the content, distribution and stability of SOC. SOC has a positively conspicuous correlations with S($R^2=0.869\ 1$) and N($R^2=0.800\ 1$), and has a positively significant correction with Se($R^2=0.647\ 7$). However, SOC is not correlative with P ($R^2=0.053\ 9$) and has a negative correction with SiO₂ ($R^2=-0.530\ 66$). As well, SOC has a positively significant correction with Cd, Zn, Pb, Hg, effective B, effective Cu, available K, hydrolytic N, effective S and effective Fe.

Key words: soil organic carbon; correlation analysis; Tuojiang River Basin

土壤有机质(Soil Organic Matter, SOM)是指通过微生物作用所形成的腐殖质、动植物残体和微生物体的合称,其中的碳即为土壤有机碳(SOC)。土壤有机碳的含量是进入土壤的生物残体等有机物质的输入与以土壤微生物分解作用为主的有机物质的损失之间的平衡。土壤有机碳根据微生物可利用程度分为易分解有机碳、难分解有机碳和惰性有机碳^[1-3]。易分解者有较高的生物利用率与损失率,难分解者则

有较高的残留率,且有相当多的部分参与腐殖质的形成。本文以沱江流域内江段土壤为研究对象,分析该区农田土壤有机碳与土壤中其他元素的相关关系,探明沱江流域内江段农田土壤有机碳与其他地球化学因子的相关性,了解土壤碳循环与全球气候变化的相互作用,从而为农田土壤固碳提供技术途径,为促进我国农田土壤固碳技术选择和政策制定提供理论依据^[4-10]。

1 研究区域概况及研究方法

沱江流域内江段位于四川盆地中部偏西南位置,地跨东经 $104^{\circ}16'$ — $105^{\circ}26'$ 、北纬 $29^{\circ}11'$ — $30^{\circ}24'$,东接重庆市,北与资阳市毗邻,南邻自贡、泸州两市,西与眉山接壤。东西长 121.5 km,南北宽 94.7 km,属典型的丘陵地貌。该研究区区位优势明显,地处成渝经济圈核心地带。内—宜(宜宾)高速公路、成渝高速公路均经过周边区域,同时内江—自贡铁路、老成渝铁路也经过整理区附近。区内地势高低起伏,坡度平缓;海拔约处于 300~400 m 之间,地貌以中、低丘陵为主,占幅员面积的 90% 以上,多为阶梯状和馒头状,谷宽 100~200 m。坡地多,梯平地少,属典型的盆中、浅丘地带。研究区属亚热带湿润气候,气候温和,四季分明,雨量充沛、热量丰富,无霜期长,多年平均气温 17.6°C ,最高气温 41.1°C ,最低气温 3°C ,多年平均日照时数 1 180.6 h,多年平均蒸发量 1 031.0 mm,无霜期 357 d,日温差、年温差较小。研究区平均年降水量 1 015.6 mm,降雨量年度分配不均,决定了流量的季节变化很大,5—9 月为洪水期,10 月至次年 4 月为枯水期。

在典型研究区系统采集土壤样品,表层土壤样品采样深度根据需求确定,一般采集表层 0—20 cm 的土柱或根系土。土壤有机碳分析样半干时过 20 目的尼龙筛或不锈钢筛,自然风干待测。所有野外采样点均利用 GPS 准确定位。将野外调查以及室内测试分析资料分类、整理,并录入计算机中,建立翔实的基础数据库。利用相关数据处理工具对收集的数据进行汇总、统计。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳与 pH 值、有益元素的相关性分析

将沱江流域内江段采集的 194 个农田土壤样品建立散点图进行相关性分析,根据相关性模拟程度,土壤有机碳与 pH 值的拟合方程为: $y = -0.0476x^2 + 0.6997x - 1.7709$ ($R^2 = 0.0273$),呈负相关关系,农田土壤中的土壤有机碳与 pH 值相关性不显著,即 pH 对土壤有机碳的多寡、分布及稳定性的影响不明显。土壤有机碳含量与 S 元素呈极显著相关性(0.869 08),与 N 元素呈显著相关性(0.800 125 2),与 Se 呈较显著相关性(0.649 769),且均为正相关,即随着 S、N、Se 含量的增加,土壤有机碳含量也增加,因此可通过人为耕作施肥来改变 S、N 元素含量从而影响土壤有机碳含量。与 P 元素呈不相关关系(0.053 852)。与 SiO_2 呈较显著负相关关系(r 值为

—0.530 66),即 SiO_2 含量越大,土壤有机碳含量越低,因此在耕作中应注意控制 SiO_2 的含量。根据农田土壤有机碳与土壤 N 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 4E - 07x^2 + 8E - 05x + 0.3403$ ($R^2 = 0.6402$),这与植物生长有密切关系,N 肥可以增加植物的营养生长,其机体有助于土体中有机质等成分的增加)。根据农田土壤有机碳与土壤 P 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 5E - 07x^2 - 0.0007x + 1.021$ ($R^2 = 0.0029$),相关关系不显著,即 P 元素对土壤有机碳的聚集没有显著的作用。根据农田土壤有机碳与土壤 K 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 0.7018x^2 - 3.1915x + 4.2759$ ($R^2 = 0.0576$),呈显著正相关关系。根据农田土壤有机碳与土壤 Ca 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 0.0064x^2 + 0.2024x + 0.4375$ ($R^2 = 0.1014$),呈极显著正相关关系。根据农田土壤有机碳与土壤 MgO 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 0.2416x^2 - 1.0375x + 1.8428$ ($R^2 = 0.0052$),相关关系不显著,即 MgO 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 B 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = -0.0007x^2 + 0.0707x - 0.9735$ ($R^2 = 0.0784$),相关关系不显著,即 B 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 I 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 1.0464x^2 - 1.3537x + 1.1177$ ($R^2 = 0.1128$),相关关系不显著,即 I 元素对土壤有机碳的累积没有显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Mn 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 9E - 07x^2 - 0.002x + 1.6207$ ($R^2 = 0.068$),相关关系不显著,即 Mn 元素对土壤有机碳的累积无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Mo 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = -1.031x^2 + 2.6346x - 0.3119$ ($R^2 = 0.1072$),相关关系不显著,即 Mo 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Na 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 0.3621x^2 - 1.3727x + 1.9851$ ($R^2 = 0.0173$),相关关系不显著,即 Na 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 S 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = -8E - 07x^2 + 0.0023x + 0.2187$ ($R^2 = 0.7553$),相关关系不显著,即 S 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Se 的相关性($N=194$)模拟程度,其拟合方程为: $y = 4.8911x^2 + 2.6684x + 0.0185$ ($R^2 = 0.4222$),相关关系不显著,

即 Se 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Si 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=0.0889x^2-10.874x+333.24$ ($R^2=0.281\ 6$),相关关系不显著,即 Si 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Fe 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=0.4589x^2-4.3675x+10.977$ ($R^2=0.273\ 1$),相关关系不显著,即 Fe 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。

2.2 土壤有机碳与元素有效态的相关性分析

元素有效态含量与全土壤有机碳相关性关系见

表 1 元素有效态含量与土壤有机碳的相关系数

相关系数	有效 B	有效 Cu	速效 K	缓效 K	交换性 Mn	有效 Mo	水解性 N	有效 P	有效 S	有效 Si	有效 Fe	有效 Zn
全量	-0.131	0.006	0.466*	0.636**	-0.301	0.781**	0.370*	0.237	0.846**	-0.287	0.156	0.235
有机碳	0.799**	0.705**	0.598**	0.147	-0.102	0.158	0.726**	0.211	0.777**	0.094	0.565**	0.253
pH 值	-0.087	-0.016	0.257	0.399*	-0.668**	-0.448*	0.020	-0.285	0.253	0.837	-0.550**	-0.248

注: * $p<0.05$; ** $p<0.01$ 。

2.3 土壤有机碳与重金属元素的相关性分析

水溶性有机碳对土壤重金属的化学性质有着独特的作用,它能通过竞争吸附以及与重金属离子形成有机—金属络合物而降低重金属在土壤表面的吸附,增加土壤中重金属离子的迁移性和植物有效性^[6,8]。已有研究表明,在碱性含钠的土壤中,水溶性有机碳与金属离子形成的有机—金属络合物,是影响 Zn,Cu 在土壤中溶解的主要控制因素^[5]。因此,凡能影响土壤中 WSOC 的因素也会影响土壤中重金属的行为,而土壤 pH 值就是直接或间接影响重金属在土壤中有有效性的一个重要因素。土壤有机碳含量与 Cd,Zn,Pb,Hg 元素呈较显著相关性(0.671 7,0.658 103,0.649 769,0.628 8,0.558 928),且均为正相关。即重金属元素含量与土壤有机碳含量呈同步增加态势,土壤有机碳增加是否增强了土壤重金属的吸附能力尚不清楚,但在实际中要避免重金属 Cd,Zn,Pb,Hg 等的污染。

根据农田土壤有机碳与土壤 As 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=-0.0502x^2+0.561x-0.5703$ ($R^2=0.114\ 8$),相关关系不显著,即 As 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Cd 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=4.7987x^2+0.2343x+0.1955$ ($R^2=0.451\ 2$),相关关系显著,即 Cd 元素对土壤有机碳的聚集有着显著的作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Cr 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=-4E-05x^2+0.0057x+0.5483$ ($R^2=0.001\ 7$),相关关系不显著,即 Cr 元素对土壤有机碳的聚集无显

表 1。

由表 1 可以看出,沱江流域内江段研究区有机质含量与有效 B、有效 Cu、速效 K、水解性 N、有效 S、有效 Fe 的含量具有较明显的正相关性,与其他元素有效态含量相关性较低。有效 Si、交换性 Mn、有效 Fe、有效 Mo 等指标受土壤 pH 值影响较大,其余指标的有效态主要与土壤中的含量密切相关,受土壤环境影响相对较小。有效 Mo、有效 S 与其全量的正相关性显著,缓效 K 与其全量呈较显著的正相关,速效 K、水解性 N 与其全量有较明显的正相关性。其他元素有效态与其全量之间的相关性较低。

著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Cu 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=0.0011x^2-0.0493x+1.2264$ ($R^2=0.024\ 3$),相关关系不显著,即 Cu 元素对土壤有机碳的聚集无显著作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Hg 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=-49.426x^2+14.1x+0.2137$ ($R^2=0.312\ 4$),相关关系显著,即 Hg 元素对土壤有机碳聚集作用显著。根据农田土壤有机碳与土壤 Ni 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=0.0038x^2-0.2127x+3.5988$ ($R^2=0.161\ 9$),相关关系显著,即 Ni 元素对土壤有机碳的聚集有着显著的作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Pb 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=0.0061x^2-0.2812x+3.7576$ ($R^2=0.395\ 4$),相关关系显著,即 Pb 元素对土壤有机碳的聚集有显著的作用。根据农田土壤有机碳与土壤 Zn 的相关性(N=194)模拟程度,其拟合方程为: $y=0.0003x^2-0.0402x+1.7848$ ($R^2=0.433\ 1$),相关关系显著,即 Zn 元素对土壤有机碳的聚集有显著作用。

3 结 论

(1) 农田土壤中的有机碳与 pH 值相关性不显著,即 pH 对土壤有机碳的多寡、分布及稳定性的影响不明显。

(2) 土壤有机碳含量与 S 元素呈极显著相关性(0.869 08),与 N 元素呈显著相关性(0.800 125 2),与 Se 呈较显著相关性(0.649 769),且均为正相关,即随 S,N,Se 含量的增加,土壤有机碳含量也增加,因

此可通过人为耕作施肥来改变 S、N 元素含量从而影
响土壤有机碳含量。土壤有机碳与 P 元素呈不相关
关系(0.053 852);与 SiO₂ 呈较显著负相关关系(r 值
为-0.530 66),即 SiO₂ 含量越大,土壤有机碳含量越
低,因此在耕作中应注意控制 SiO₂ 的含量。

(3) 土壤有机碳含量与 Cd、Zn、Pb、Hg 元素呈较
显著相关性(0.671 7,0.658 103,0.649 769,0.628 8,
0.558 928),且均为正相关。伴随着这些元素含量增
加,土壤有机碳含量有增加态势,其原因还待于下一
步深入研究。

(4) 沱江流域内江段研究区有机碳含量与有效
B、有效 Cu、速效 K、水解性 N、有效 S、有效 Fe 的含
量具有较明显的正相关性,与其他元素有效态含量相
关性较低。

参考文献:

[1] 方华军,杨学明,张晓平. 农田土壤有机碳动态研究进展
[J]. 土壤通报,2003,34(6):562-568.

(上接第 27 页)

参考文献:

[1] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 北
京:高等教育出版社,2000.
[2] 肖笃宁. 景观生态学研究进展[M]. 湖南:湖南科学技
术出版社,1999.
[3] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, et al. Indi-
ces of landscape pattern[J]. Landscape Ecology,1988,1
(3):153-162.
[4] Haines Young R, Chopping M. Quantifying landscape
structure: a review of landscape indices and their appli-
cation to forested landscapes[J]. Progress in Physical
Geography,1996,20(4):418-445.
[5] 刘春利,杨勤科,谢红霞. 延河流域降雨侵蚀力时空分布
特征[J]. 环境科学,2010,31(4):850-857.
[6] 高艳,毕如田. 涑水河流域景观指数的粒度效应[J]. 中
国农学通报,2010,26(13):396-400.
[7] 赵文武,傅伯杰,陈利顶. 景观指数的粒度变化效应[J].
第四纪研究,2003,23(3):326-333.
[8] 陈丽慧,陈志彪,陈志强,等. 朱溪河小流域土地利用景

[2] 张琪,李恋卿,潘根兴,等. 近 20 年宜兴市域水稻土有机
碳动态及其驱动因素[J]. 第四纪研究,2004,24(2):236-
242.
[3] 许信旺,潘根兴. 中国水稻土碳循环研究进展[J]. 生态环
境,2005,14(6):961-966.
[4] 秦松,樊燕,刘洪斌,等. 地形因子与土壤养分空间分布
的相关性研究[J]. 水土保持研究,2007,14(4):275-279.
[5] 吴乐知. 中国土壤有机碳含量的变异性及其影响因素
[D]. 南京:中国科学院南京土壤研究所,2007.
[6] 周莉,李保国,周广胜. 土壤有机碳的主导影响因子及其
研究进展[J]. 地球科学进展,2005,20(1):99-105.
[7] 高鲁鹏,梁文举,姜勇,等. 土壤有机质模型的比较分析
[J]. 应用生态学报,2003,14(10):1804-1808.
[8] 朱连奇,朱小立,李秀霞. 土壤有机碳研究进展[J]. 河南
大学学报:自然科学版,2006,36(3):72-75.
[9] 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.
[10] 张鸿祥,肖群,李小军,等. 稻田土壤有机碳固定研究及
其展望[J]. 现代农业科技,2011(11):257-258,270.

观格局定量分析[J]. 水土保持研究,2009,16(1):66-68.
[9] 吴志杰,陈松林. 基于 TM 遥感影像的闽西山区土地利
用景观格局分析[J]. 东华理工学院学报,2007,30(2):
171-176.
[10] 陈利顶,傅伯杰,徐建英,等. 基于“源—汇”生态过程的
景观格局识别方法:景观空间负荷对比指数[J]. 生态
学报,2003,23(11):2406-2413.
[11] 辜世贤,徐霞. 重庆市生态修复示范区土地利用景观格
局分析[J]. 水土保持研究,2006,13(2):244-249.
[12] 陈利顶,刘洋,吕一河,等. 景观生态学中的格局分析:
现状、困境与未来[J]. 生态学报,2008,28(11):5521-
5531.
[13] Tischendorf L. Can landscape indices predict ecological
processes consistently[J]. Landscape Ecology,2001,16
(3):235-254.
[14] 罗彦芳,钱翌,王秀珍. 淳安县土地利用景观格局特征
及其生态效应研究[J]. 水土保持研究,2007,14(6):
371-375.
[15] 陈利顶,吕一河,傅伯杰,等. 基于模式识别的景观格局
分析与尺度转换研究框架[J]. 生态学报,2006,26(3):
663-670.