

郑州市耕地表层土壤有机碳量分布特征

谷志云^{1,2,3}, 廖诗进^{1,2,3*}, 赵新雷^{1,3}, 付巧玲⁴, 盛奇^{1,2,3}, 李兵^{1,2}, 郭强¹, 杜保军^{1,2}

(1.河南省地质研究院, 郑州 450001; 2.河南省城市地质工程技术研究中心,

郑州 450001; 3.河南省地球化学生态修复工程技术研究中心, 郑州 450001;

4.河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院, 郑州 450001)

摘要:【目的】研究郑州市耕地表层土壤有机碳(SOC)的地球化学分布特征,为当地种植施肥、土地资源合理利用、土壤肥力综合研究、保护环境等领域提供农业地质学基础数据。【方法】采用网格化定位系统布点采集耕地表层土壤样品,用VOL容重法结合多目标地球化学评价指标,圈定出研究区不同土壤类型的有机碳量地球化学分布特征;用地球化学勘查数据一体化处理系统(GeoChemStudio)进行数据参数统计,分析区内耕地表层土壤的有机碳与土壤中氮磷钾及微量营养元素的相关性;根据有机碳储量计算公式估算郑州市不同土壤类型的表层土壤有机碳密度。【结果】郑州市不同土壤类型中石灰性粗骨土表层土壤有机碳量最高,平均值为2.307%,富集系数23.07%;研究区耕地土壤有机碳呈塔式正态分布,有机碳量为0.1%~11.6%,算术平均值为1.134%。表层土壤有机碳与N、P₂O₅、Fe、Mn、Zn、Cu、Mo、B相关系数分别为0.8045、0.2230、0.1563、0.1191、0.2238、0.2634、0.1628、0.1911,与K₂O、pH值负相关,相关系数分别为-0.0888、-0.1957。【结论】郑州市表层土壤有机质量整体比较缺乏,丰富级、较丰富级呈灶状零星分布在研究区西南部新密市、登封市及巩义市。研究区表层土壤有机碳量平均值为1.09%,不同土壤类型中,粗骨土及石灰性褐土类表层土壤有机质量较高。有机碳密度较大的土壤类型有石灰性粗骨土、石灰性褐土、石灰性红黏土等。郑州市全区表层土壤有机碳储量合计1012.87万t,褐土性土+石灰性褐土有机碳储量达523.13万t,占全区51.64%。

关键词: 土壤; 有机碳; 土壤养分; 郑州市

中图分类号: S153.6

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2023346

谷志云, 廖诗进, 赵新雷, 等. 郑州市耕地表层土壤有机碳量分布特征[J]. 灌溉排水学报, 2024, 43(6): 93-98.

GU Zhiyun, LIAO Shijin, ZHAO Xinlei, et al. Spatial distribution of soil organic carbon in the plough layer in the region of Zhengzhou[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2024, 43(6): 93-98.

0 引言

【研究意义】土壤有机碳(SOC)是土壤极其重要的组成部分,是表征土壤肥力的一个重要指标,同时土壤有机碳是地球陆地生态系统最大的碳库^[1-2],其微小变化将会对大气CO₂浓度产生显著影响。据相关研究^[3-4]估算,土壤对大气CO₂的贡献是燃烧化石燃料的10倍。土壤有机碳受多种因素的影响,以施肥对它的影响最深刻。据研究报道,施用有机肥能显著提高SOC量,但是长期施化肥对SOC量的影响存在争议^[1,5-7]。开展郑州市全境土壤实地调查采样和检测分析,摸清研究区土壤有机碳的地球化学特征及分布情况,可以在土地利用、植被覆盖、农业种植和保

护环境等领域产生实际作用,为当地作物种植施肥、土地资源合理利用等提供农业地质学数据。【研究进展】前人对土壤有机碳影响因素进行了总结,分析了影响土壤有机碳的气候、土壤深度、母质、地形等因子作用,指出土壤母质、黏粒量等是影响土壤有机碳量的因素^[8-11]。中国大部分地区土壤有机质缺乏^[12],其中,1982—2012年河南平原耕地0~15cm土层的SOC增加明显,我国多数地区SOC呈增长趋势^[11]。河南土壤耕地地形与土壤的构成组分多样性有一定相关性,不同土壤类型和pH值与SOC的关系较大^[13]。Wang等^[14]基于全国446项研究的95组数据的Meta分析,研究了秸秆还田对SOC量的影响,Šimanský等^[6]研究了施化肥(N、P、K)对SOC量的影响。Dash等^[15]研究了位于印度恒河平原的氮(N)和钾(K)肥料速率组合与总SOC聚集相关的问题。前人研究成果为郑州市土壤有机碳分布特征研究积累了对比数据资料,为秸秆还田碳排放等农业发展规划提供了科学的思路。【切入点】2021年郑州市多要素城市地质调查项目实施以来,发现郑州市耕地表层土壤有机

收稿日期: 2023-08-04 修回日期: 2024-03-20

基金项目: 郑州市多要素城市地质调查项目(DKSHT-2020-0116); 农业地质大数据集成和建模技术研究(2023-901-XM003)

作者简介: 谷志云(1976-),女,高级工程师,硕士,主要从事自然资源、土地质量调查与评价、农业地质等技术研究。E-mail: 814589698@qq.com

通信作者: 廖诗进(1974-),男,河南太康县人,高级工程师,主要研究矿产地质、环境地质、农业地质等。E-mail: lshij2007@163.com

©《灌溉排水学报》编辑部,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

质丰富、较丰富土壤面积分别为 10.40、40.46 km²。研究区丰富级有机质土壤耕地的空间分布特征可以为土地科学管理、生态环境保护、生态农业开发等方面提供地质服务,助力郑州市优化农业种植结构。

【拟解决的关键问题】通过研究区耕地中有机碳量分布特征规律总结,为种植地方特色作物及农业发展规划提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域为整个郑州市,郑州市位于河南省中部,黄河中下游和伏牛山脉东北翼向黄淮平原过渡的交接地带,总的地势为西南高、东北低,由西部、西南部的中低山,逐渐下降过渡为丘陵、倾斜平原和冲积平原。郑州市属北温带大陆性季风气候,降水量分布很不均匀,总体上呈由南向北逐渐递减的趋势,但中部荥阳市、新密市交界处降水量较大。由于温带大陆性季风气候的不稳定性和天气系统的多变性,造成年际之间降水量差别很大。主要表现为最大与最小年降水量的比值(即极值比)较大,年降水量变差系数较大和年际间丰枯变化频繁等特点。全市主要雨量站年降水量的极值比一般为 2.6~3.6;极值比最大的站点为荥阳雨量站,其年降水量最大最小倍比值达 3.6;最小为告城站,其年降水量最大最小倍比值为 2.6。

郑州市总面积 7 567 km²,耕地面积 2 161.6 km²,粮食主要为小麦、玉米,粮食生产面积占耕地的 3/4,蔬菜种植以城市东部平原中近郊地区为主,油料作物主要为花生,主要分布于郑州西部的登封市及郑州中部的新密市。郑州市西南山地分布着棕壤、石质土、粗骨土;中部山丘地区有褐土、紫色土、红黏土;北部沿黄河一带为潮土和新积土;东部平原是潮土(图 1)。

1.2 样品采集与处理

耕地表层土壤样品采集于上茬作物成熟或收获

表 1 郑州市表层土壤元素地球化学特征

Tab.1 Geochemical characteristics of surface soil elements in Zhengzhou region

元素	样品数	算术平均值	中位数	标准离差	最大值	最小值	变异系数	偏度	峰度
B	19 961	53.00	53.00	9.00	78.00	27.00	0.17	-0.03	0.08
Cu	19 961	21.40	21.10	4.10	33.80	9.10	0.19	0.37	0.10
Mn	19 961	564.00	557.00	91.00	836.00	293.00	0.16	0.38	0.46
Mo	19 961	0.60	0.59	0.11	0.91	0.28	0.18	0.35	0.12
N	19 961	1 056.00	1 076.00	259.00	1 833.00	280.00	0.25	-0.27	0.30
P	19 961	796.00	787.00	191.00	1 370.00	223.00	0.24	0.32	0.18
Zn	19 961	65.30	64.10	11.70	100.00	30.30	0.18	0.44	0.10
CaO	19 961	3.27	2.97	1.71	8.41	0.32	0.52	0.66	-0.32
Corg	19 961	1.09	1.10	0.35	2.12	0.10	0.32	0.05	0.28
Fe ₂ O ₃	19 961	2.88	2.86	0.41	4.11	1.64	0.14	0.07	0.10
K ₂ O	19 961	2.20	2.19	0.11	2.51	1.88	0.05	0.32	0.41
pH 值	19 961	8.10	8.10	0.20	8.80	7.40	0.03	-0.28	0.27

注 K₂O、CaO、Fe₂O₃、Corg 量单位为%,其他微量元素单位为 ppm,富集系数、变异系数 10⁻²,pH 无量纲。数据来源于河南省地质调查院实验室,2021 年。

从表层土壤有机质量(SOM 量)测定结果频次分布直方图看(图 2),研究区内表层土壤有机质量

以后下茬作物尚未施用底肥和种植以前,现场手持 GPS 定点,采样深度 0~20 cm,质量 1~2 kg,运用奥维互动地图软件记录表格数据^[16],按网格法以 0.5 倍公里网线为界,把研究区农用地划分出 0.5 km×0.5 km 的单元小格,以 4 样点/km² 密度采集表层土壤样品,共采集样品 19 961 件。样品自然条件下风干,过 10 目尼龙筛后加工至 200 目储存于密封的塑料容器中送交河南省地质调查院实验室,铜、钼元素采用 ICP-MS,磷、氧化钾、铁、锰、锌采用 ICP-OES,有机碳、氮以重铬酸钾容量法(VOL)进行土壤有机质量测定^[1,17]。

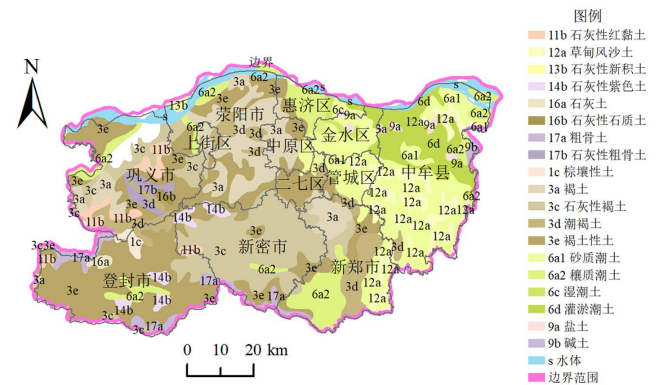


图 1 郑州市土壤类型分布

Fig.1 Distribution of soil types in Zhengzhou region

1.3 数据统计

地球化学指标量特征可以反映该区土壤各指标情况和分布特点^[18]。根据郑州市耕地表层土壤元素的地球化学特征值统计(表 1):可以看出研究区表层土壤有机碳量平均值为 1.09%,大于河南土壤背景值(0.86%)^[19];变异系数为 0.32,元素量区间窄小,为弱离散类^[15,19],最大值为最小值的 2.12 倍,基本未受人类活动影响,与河南省土壤背景值相比,工作区土壤有机质(土壤 Corg)较为富集(K=1.27),表现出明显富集特征。

机质表层样品数为 184 件, 占样品总数的 0.98%。

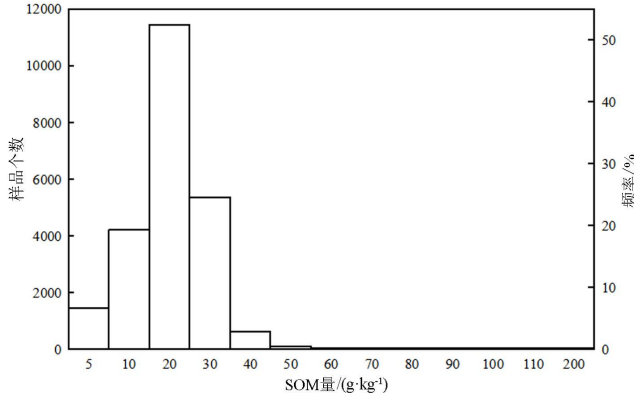


图 2 郑州市表层土壤有机质量测定结果频次直方图

Fig.2 Histogram of frequency of measurement results of surface soil organic matter content in Zhengzhou region

2 结果与分析

2.1 地表土壤有机质量的空间分布

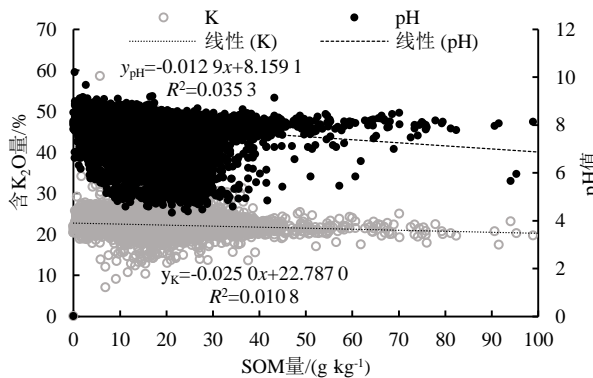
以 10、20、30、40 g/kg 界线, 按土地质量地球化学评价规范 (DZ T 0295-2016) 标准确定土壤有机质量的养分等级^[21], 运用 Arcgis10.5 软件的普通克里金插值法对郑州市表层土壤有机质量做等值线图, 根据郑州市耕地表层土壤有机质量地球化学特征分布情况 (图 3), 可以看出研究区表层土壤有机质量整体比较缺乏, 丰富级、较丰富级呈灶状零星分布在郑州市西南部新密市、登封市及巩义市, 东部中牟县最为缺乏。依据第三次全国土地调查图斑统计, 郑州市

表 2 郑州市耕地表层土壤有机碳同其他元素量的相关系数

Tab.2 Correlation coefficient of soil organic carbon and other elements in cultivated land surface layer in Zhengzhou region

相关系数	N	P	K ₂ O	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	B
Corg	0.805 4	0.223 0	-0.088 8	-0.195 7	0.156 3	0.119 1	0.223 8	0.263 4	0.162 8	0.191 1

将研究区耕地表层土壤有机碳量与 pH 值及氮磷钾营养元素作相关性分析 (图 4), 可以看出: 表层土



(a) SOM 量与 K₂O 量及 pH 值相关性

丰富级有机质土地图斑面积为 1 101.17 hm², 主要分布于新密市的石灰性褐土地段。

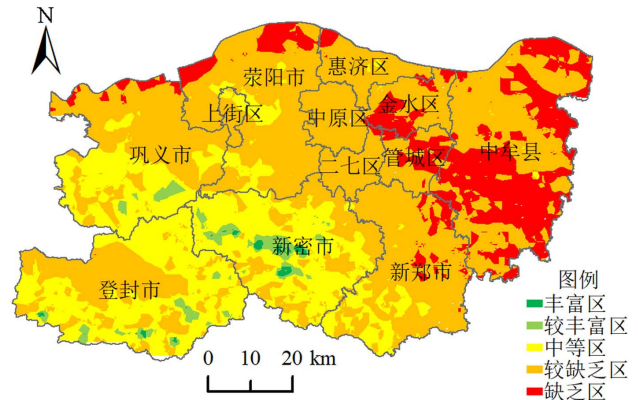


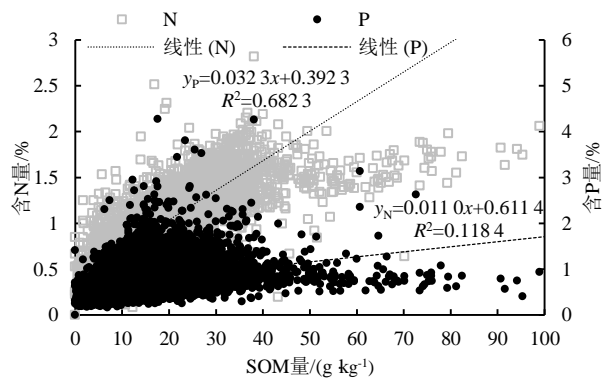
图 3 郑州市耕地表层土壤有机质量分布

Fig.3 Distribution of soil organic matter content in cultivated land surface in Zhengzhou region

2.2 有机质与营养元素的相关性

土壤中的有机质能改善土壤结构, 增加土壤比表面积, 维持着土壤生态系统的周转及稳定^[22-23], 对土壤形成、土壤肥力、环境保护及农林业可持续发展等方面都有着极其重要的作用。表 2 为郑州市耕地表层土壤有机碳与其他元素相关系数表, 看出表层土壤有机碳量与 pH 值显示弱负相关性, 相关系数为 -0.195 7, 与 N 相关系数 (R) 高达 0.805 4, 具有非常显著的相关性, 而与其他营养元素相关系数均在 0.3 以下, 没有太大相关性。

壤有机碳量与 K₂O、pH 值弱负相关, 与氮最为密切相关, 这可能与土壤施化肥 (N、P、K) 有一定关系^[5-6,10]。



(b) SOM 量与 N、P 及 pH 相关性

图 4 郑州市表层土壤有机质量与土壤氮磷钾及 pH 值相关性

Fig.4 Correlation between surface soil organic carbon content and soil nitrogen, phosphorus, potassium and pH in Zhengzhou region

2.3 土壤类型与表层土壤有机质量

土壤类型对研究各种土壤发育、分类、理化性状, 以及与生态环境和农业生产的关系有重要参考价值, 不同土壤类型测定的土壤养分常常具有较大的差别。从郑州市各土壤类型的有机质量可以看出 (表 3), 研

究区地表土壤有机质量较高的是位于西部的粗骨土及石灰性褐土类, 有机质量最高的是石灰性粗骨土, 平均值为 21.23 g/kg, 富集系数为 23.07%, 有机质量较低的为碱土、砂质潮土、草甸风砂土、石灰性新积土, 有机质量均小于 10.00 g/kg, 富集系数为 7.36%~10.61%。

表 3 郑州市各土壤类型表层土壤有机质含量特征一览表

代号	土壤类型	数据个数	最小值/(g kg ⁻¹)	几何平均值/(g kg ⁻¹)	最大值/(g kg ⁻¹)	标准离差/(g kg ⁻¹)	富集系数/%	变异系数/%
3a	褐土	1 659	2.414	16.320	128.955	6.192	17.42	0.36
3c	石灰性褐土	3 060	2.241	20.077	177.227	9.882	21.68	0.46
3d	潮褐土	888	0.879	13.682	51.528	6.077	15.13	0.4
3e	褐土性土	4 856	0.000	17.550	199.984	8.466	19.09	0.44
6a1	砂质潮土	3 540	0.000	9.282	185.330	5.615	10.61	0.53
6a2	壤质潮土	828	1.021	13.495	115.163	9.945	16.17	0.61
6c	湿潮土	119	0.764	13.650	37.199	6.545	15.25	0.43
6d	灌淤潮土	1 600	0.340	11.082	70.123	5.551	12.34	0.45
9a	盐土	170	0.265	11.425	26.361	5.128	12.83	0.4
9b	碱土	64	1.840	6.707	18.767	3.211	7.36	0.44
11b	石灰性红黏土	246	3.620	19.270	72.580	7.415	20.61	0.36
12a	草甸风砂土	1 397	0.000	7.079	31.317	4.434	8.40	0.53
13b	石灰性新积土	42	5.000	8.092	15.344	1.846	8.28	0.22
17a	粗骨土	167	5.344	20.401	39.480	5.819	21.22	0.27
17b	石灰性粗骨土	72	4.310	21.234	46.548	8.896	23.07	0.39

2.4 土壤类型与表层土壤有机碳密度分布

土壤有机碳密度 (SOC_D) 是指单位面积一定深度的土层中土壤有机碳的储量, 是评价和衡量土壤中有机碳储量的一个极其重要的指标^[9]。计算公式为:

$$SOC_D = SOC \times BD \times H / 10, \quad (1)$$

式中: SOC_D 为有机碳密度 (t/hm²); SOC 为有机碳量 (g/kg); BD 为土壤体积质量 (g/cm³); H 为土层厚度 (cm); 本研究土层厚度为 20 cm。

根据第二次土壤普查, 参考河南不同土壤类型的耕层体积质量^[19], 对郑州市表层土壤有机碳密度进行统计 (表 4), 可以看出表层土壤有机碳密度在不同类型的土壤中分布不均匀, 区内石灰性褐土、石灰性红黏土、石灰性粗骨土及粗骨土中有机碳密度较大, 值在 28.65~31.77 t/hm² 之间。褐土性土及石灰性褐土的有机碳储量最为丰富, 其有机碳储量分别达 303.99 万 t、219.14 万 t。研究区表层土壤有机碳储量合计 1 012.86 万 t, 其中褐土性土+石灰性褐土有机碳储量达 523.13 万 t, 占全区储量的 51.64%。

表 4 郑州市耕地不同土壤类型表层土壤有机碳密度

Tab.4 Surface soil organic carbon density of different soil types in cultivated land in Zhengzhou

土壤类型	数据个数/个	耕层体积质量/(g cm ⁻³)	有机碳密度/(t hm ⁻²)	面积/km ²	有机碳储量/万 t
褐土	1 659	1.25	23.66	414	98.15
石灰性褐土	3 060	1.23	28.65	765	219.14
潮褐土	888	1.23	19.52	222	43.34
褐土性土	4 856	1.23	25.04	1 214	303.99
砂质潮土	3 540	1.45	15.61	885	138.17
壤质潮土	828	1.30	20.35	207	42.13
湿潮土	119	1.46	23.12	29	6.88
灌淤潮土	1 600	1.42	18.25	400	73.02
盐土	170	1.29 [*]	17.10	42	7.27
碱土	64	1.29 [*]	10.04	16	1.61
石灰性红黏土	246	1.30	29.06	61	17.87
草甸风砂土	1 397	1.45	11.91	349	41.58
石灰性新积土	42	1.29 [*]	12.11	10	1.27
粗骨土	167	1.29 [*]	30.53	41	12.75
石灰性粗骨土	72	1.29 [*]	31.77	18	5.72
合计	-	-	-	-	1 012.87

注 1.29*数据来源于谷志云 2014 年河南省郑州市多目标地球化学调查评价成果报告^[23]。

3 讨论

根据郑州市全境土壤实地调查采样和检测分析, 基本摸清了区内土壤有机碳的地球化学特征及分布情况, 郑州市表层土壤有机质不均衡分布, 这应该与当地土壤施肥及不同土壤类型有关, 丰富级有机质土地主要分布于石灰性褐土地段及氮高值地段。长期施化肥对 SOC 量有积极的影响^[5-6], 对于郑州市耕地来讲, 其氮肥对土壤有机碳明显成正相关影响。秸秆还田可以提高土壤中的碳量^[24], 近年来当地充分利用秸秆还田技术改善土地质量, 也可能对研究区耕地土壤碳具有积极作用。

土壤表层有机质量和 pH 值在不同地理区域间有明显差异, 一般来讲, 土壤有机质量随 pH 值升高而降低, 二者间呈极显著的负相关关系^[25]。本区酸性岩发育的土壤主要分布在研究区中部的的新密及西南部的登封地区, 其基岩多以酸性的石英砂岩类^[26], 土壤类型多为石质土及石灰性土类。研究区土壤表层有机碳量与 pH 值呈弱负相关性, 可能与研究区分布较多酸性岩有关。

耕地表层土壤有机碳密度在不同类型的土壤中分布不均匀, 农业生产特别是氮肥大量施用等引起的土壤酸化, 人为活动加剧的土壤酸化导致土壤无机碳以 CO₂ 形态释放, 使农田表层土壤无机碳 (SIC) 降低^[8], 石灰性土壤 CaCO₃ 缓冲体系可将土壤 pH 值保持在较高水平^[27], 这应该是研究区石灰性土壤有机碳储量丰富的原因。

4 结论

1) 郑州市表层土壤有机质量整体比较缺乏, 丰富级、较丰富级呈灶状零星分布在研究区西南及西部的新密市、登封市、巩义市, 丰富级有机质土地图斑面积为 1 101.17 hm², 分布于新密市的石灰性褐土地段。

2) 研究区表层土壤有机碳量平均值为 1.09%, 大部分样品有机质量在 20~30 g/kg。不同土壤类型中, 粗骨土及石灰性褐土类地表土壤有机质量较高, 平均值在 20 g/kg 以上。土壤有机碳量与含 N 量具显著正相关性。

3) 郑州市全区表层土壤有机碳储量合计 1 012.86 万 t, 石灰性粗骨土、石灰性褐土、石灰性红黏土等碱性土壤有机碳密度较大, 褐土性土+石灰性褐土有机碳储量达 523.13 万 t, 占全区 51.64%。

(作者声明本文无实际或潜在利益冲突)

参考文献:

- [1] 曹寒冰, 谢钧宇, 洪坚平. 长期不同施肥复垦土壤大团聚体中各有机碳组分的变化特征[J]. 煤炭学报, 2021, 46(3): 1 046-1 055.
CAO Hanbing, XIE Junyu, HONG Jianping. Variation characteristics of organic carbon fractions within macroaggregates under long-term different fertilization regimes in the reclaimed soil[J]. Journal of China Coal Society, 2021, 46(3): 1 046-1 055.
- [2] 曹寒冰, 谢钧宇, 强久次仁, 等. 施肥措施对复垦土壤团聚体碳氮含量和作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(18): 135-143.
CAO Hanbing, XIE Junyu, QIANG Jiuciren, et al. Effects of fertilization regimes on carbon and nitrogen contents of aggregates and maize yield in reclaimed soils[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(18): 135-143.
- [3] WEI Y, CORDOBA P, CARAMANNA G, et al. Influence of a CO₂ long term exposure on the mobilisation and speciation of metals in soils[J]. Geochemistry, 2015, 75(4): 475-482.
- [4] MANCINELLI R, MARINARI S, BRUNETTI P, et al. Organic mulching, irrigation and fertilization affect soil CO₂ emission and C storage in tomato crop in the Mediterranean environment[J]. Soil and Tillage Research, 2015, 152: 39-51.
- [5] 樊晓东, 刘冰, 孟会生, 等. 不同煤基复混肥对复垦土壤有机碳及碳库管理指数的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(5): 75-81.
FAN Xiaodong, LIU Bing, MENG Huisheng, et al. The effects of coal-derived compound fertilizers on soil carbon and its formations in reclaimed soil in coal mining areas[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(5): 75-81.
- [6] ŠIMANSKÝ V, JURIGA M, JONCZAK J, et al. How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil[J]. Geoderma, 2019, 342: 75-84.
- [7] LI P P, HAN Y L, HE J Z, et al. Soil aggregate size and long-term fertilization effects on the function and community of ammonia oxidizers[J]. Geoderma, 2019, 338: 107-117.
- [8] 李典友, 章玉成. 土壤有机碳及其影响因素[J]. 农业科学, 2020(10): 803-810.
- [9] 张青青, 伍海兵, 梁晶. 上海市绿地表层土壤有机碳储量的估算[J]. 土壤, 2020, 52(4): 819-824.
ZHANG Qingqing, WU Haibing, LIANG Jing. Estimation of storage of organic carbon in green surface soils in Shanghai[J]. Soils, 2020, 52(4): 819-824.
- [10] 高继伟, 谢英荷, 李廷亮, 等. 不同施肥措施对矿区复垦土壤活性有机碳的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(5): 6-12.
GAO Jiwei, XIE Yinghe, LI Tingliang, et al. Effects of different fertilizations on organic carbon activity following remediation of a coal tailing[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(5): 6-12.
- [11] 赵彦锋, 李怡欣, 马盼盼, 等. 近 30 年河南省耕地土壤有机碳的三维变化与关键因素研究[J]. 土壤学报, 2023, 60(5): 1 409-1 420.
ZHAO Yanfeng, LI Yixin, MA Panpan, et al. Three dimensional changes of soil organic carbon content and its key factors in cultivated soils of Henan Province during the recent 30 years[J]. Acta Pedologica Sinica, 2023, 60(5): 1 409-1 420.
- [12] 王静爱, 左伟. 《中国地理图集》编纂委员会编制. 中国地理图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 2010.
- [13] 李笑莹, 张学雷, 任圆圆. 河南省土壤及地形与耕地多样性格局的特征[J]. 土壤, 2019, 51(4): 775-785.
LI Xiaoying, ZHANG Xuelei, REN Yuanyuan. Diversity characteristics and correlation among soil, terrain and arable land in Henan Province[J]. Soils, 2019, 51(4): 775-785.
- [14] WANG Y L, WU P N, MEI F J, et al. Does continuous straw returning keep China farmland soil organic carbon continued increase? A meta-analysis[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 288: 112 391.
- [15] DASH A, DWIVEDI B, DEY A, et al. Temperature sensitivity of soil organic carbon as affected by crop residue and nutrient management options under conservation agriculture[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2023, 23(3): 4 183-4 197.
- [16] 张海, 郭佩佩, 王彪. 奥维互动地图在贵州耕地质量地球化学调查评价中的应用研究[J]. 贵州地质, 2018, 35(1): 55-59.
ZHANG Hai, GUO Peipei, WANG Biao. Applications of ovitalmap in geochemical survey of cultivated land of Guizhou[J]. Guizhou Geology, 2018, 35(1): 55-59.
- [17] 中华人民共和国农业农村部. 土壤检测 第 6 部分: 土壤有机质的测定: NY/T 1121.6—2006[S]. 北京: 中华人民共和国农业农村部, 2006.
- [18] 孔鹏飞, 刘志臣, 任光明, 等. 贵州余庆耕地地球化学特征及对水稻、茶叶等农产品质量的影响[J]. 矿产勘查, 2020, 11(12): 2 610-2 620.
KONG Pengfei, LIU Zhichen, REN Guangming, et al. Geochemical characteristics of cultivated land in Yuqing Country, Guizhou Province and its influence on the quality of rice, tea and other agricultural products[J]. Mineral Exploration, 2020, 11(12): 2 610-2 620.
- [19] 魏克循, 马国明. 河南省土壤普查办公室. 河南土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [20] 刘道荣, 徐虹, 周漪, 等. 浙西常山地区富硒土壤特征及成因分析[J]. 物探与化探, 2019, 43(3): 658-666.
LIU Daorong, XU Hong, ZHOU Yi, et al. Characteristics and genetic analysis of selenium-rich soil in Changshan County, western Zhejiang Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(3): 658-666.
- [21] 中华人民共和国国土资源部. 土地质量生态地球化学评价规范: DZ/T 0295—2016[S]. 北京: 地质出版社, 2016.
- [22] 李佳, 方园, 李政龙, 等. 浙江吴兴区耕地土壤养分地球化学特征[J]. 矿产勘查, 2019, 10(10): 2 711-2 718.
LI Jia, FANG Yuan, LI Zhenglong, et al. Geochemical characteristics of cultivated soil nutrients in the Wuxing district, Zhejiang[J]. Mineral Exploration, 2019, 10(10): 2 711-2 718.
- [23] 谷志云, 李兵, 付巧玲, 等. 河南省郑州市多目标地球化学调查评价成果报告[R]. 郑州: 河南省地质调查院, 2014.
- [24] 孟庆英, 邹洪涛, 韩艳玉, 等. 秸秆还田量对土壤团聚体有机碳和玉

- 米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(23): 119-125.
- MENG Qingying, ZOU Hongtao, HAN Yanyu, et al. Effects of straw application rates on soil aggregates, soil organic carbon content and maize yield[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(23): 119-125.
- [25] 王向涛, 张超, 廖李荣, 等. 青藏高原高寒草甸退化对土壤氮素转化微生物基因的影响[J]. 水土保持通报, 2020, 40(3): 8-13.
- WANG Xiangtao, ZHANG Chao, LIAO Lirong, et al. Effects of degradation of alpine meadow on soil microbial genes in nitrogen transformation in Qinghai-Tibet Plateau[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(3): 8-13.
- [26] 廖诗进, 黄俊亚, 何镇, 等. 河南省西峡县叶家庄金矿地质特征及其找矿方向[J]. 有色金属(矿山部分), 2020, 72(2): 33-38.
- LIAO Shijin, HUANG Junya, HE Zhen, et al. Geological characteristics and prospecting direction on the Yejiashuang gold deposits in Xixia County, Henan Province[J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 2020, 72(2): 33-38.
- [27] 周建斌, 陶静静, 赵梦真, 等. 农业生产对石灰性土壤无机碳库损失的影响[J]. 土壤学报, 2022, 59(3): 593-602.
- ZHOU Jianbin, TAO Jingjing, ZHAO Mengzhen, et al. Effects of agricultural production on the loss of inorganic carbon from calcareous soils[J]. Acta Pedologica Sinica, 2022, 59(3): 593-602.

Spatial distribution of soil organic carbon in the plough layer in the region of Zhengzhou

GU Zhiyun^{1,2,3}, LIAO Shijin^{1,2,3*}, ZHAO Xinlei^{1,3}, FU Qiaoling⁴, SHENG Qi^{1,2,3}, LI Bing^{1,2}, GUO Qiang¹, DU Baojun^{1,2}

(1. Henan Academy of Geology, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan Research Center of Urban Geological Engineering Technology, Zhengzhou 450001, China; 3. Henan Geochemistry Ecological Restoration Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450001, China; 4. Fifth Geological Exploration Institute of Henan Bureau of Geological and Mineral Exploration and Development, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: 【Objective】 Soil organic carbon (SOC) is not only an indicator of soil health but also plays a crucial role in feedback interaction between global warming and carbon stock in terrestrial ecosystems. Its dynamics is modulated by a multitude of interactive abiotic and biotic factors. In this paper, we analyze the spatial distribution of SOC in the plough layer and its correlation with soil texture and other geochemical properties in the region of Zhengzhou in Henan province. 【Method】 Soil samples were taken from a grid network in the region. SOC, bulk density, soil texture and other geochemical properties in each soil sample were measured. The correlation between SOC and soil nutrients, including nitrogen, phosphorus, potassium and micronutrients in the soil, was analyzed using the GeoChemStudio software. 【Result】 The calcareous skeletal soil in the region has the highest SOC, reaching 2.307%. The SOC content varied from 0.1%-11.6% across the region, and was normally distributed with a mean of 1.134%. The SOC was positively correlated with N, P₂O₅, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo and B, and their associated correlation coefficients were 0.804 5, 0.223 0, 0.156 3, 0.119 1, 0.223 8, 0.263 4, 0.162 8 and 0.191 1, respectively. Negative correlations were found between SOC and K₂O and pH, and their associated correlation coefficients were -0.088 8 and -0.195 7, respectively. The average SOC content in the plough layer in the region was 1.09%. Spatially, SOC was rich in Xinmi, Dengfeng and Gongyi in the southwest of the region. In terms of soil texture, SOC is higher in skeletal soil and calcareous cinnamon soil than in other soils. SOC stored in the topsoil in the whole region was 1 012.87×10⁴ t, with 523.13×10⁴ t stored in the cinnamon soils and calcareous cinnamon soils, accounting for 51.64% of the total topsoil SOC in the region.

Key words: soil; organic carbon; soil nutrients; Zhengzhou region

责任编辑: 赵宇龙