

doi: 10. 11720/wtyht. 2023. 1287

刘庆宇, 马瑛, 程莉, 等. 青海东部表层土壤有机碳密度及其空间分布特征[J]. 物探与化探, 2023, 47(4): 1098–1108. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2023. 1287](http://doi.org/10.11720/wtyht.2023.1287)

Liu Q Y, Ma Y, Cheng L, et al. Density and spatial distribution of organic carbon in the topsoil of eastern Qinghai[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2023, 47(4): 1098–1108. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2023. 1287](http://doi.org/10.11720/wtyht.2023.1287)

青海东部表层土壤有机碳密度及其空间分布特征

刘庆宇¹, 马瑛¹, 程莉², 沈骁¹, 张亚峰¹, 苗国文¹, 黄强¹, 韩思琪¹

(1. 青海省第五地质勘查院, 青海 西宁 810099; 2. 青海省地质矿产测试应用中心, 青海 西宁 810000)

摘要:整合了青海省东部地区 33 092 km² 多目标区域地球化学调查和土地质量地球化学调查数据, 估算了研究区表层土壤有机碳总储量为 171. 16 Mt, 平均有机碳密度为 5 172. 14 t/km², 并分析了表层土壤有机碳空间分布特征和主要影响因素。结果表明: 在高山和中低山地貌、草原土和草甸土土壤类型、残坡积物成土母质、林草地和高山稀疏植被区土地利用、草原和森林系统下, 表层土壤有机碳平均密度明显偏高, 在沙漠地貌、风沙土土壤类型和风成砂成土母质区表层土壤有机碳密度最低, 说明地形地貌(海拔高低)、成土母质、气候及植被均对表层土壤有机碳密度及分布规律产生影响。与青海省土壤第二次普查数据有机碳储量对比, 在过去 20 多年里青海东部表层土壤共释放约 53. 21 Mt 有机碳, 表明在长期耕种、过度砍伐和放牧等人类生产活动影响下土壤有机碳已出现一定程度的下降。

关键词:土壤有机碳密度; 分布特征; 表层土壤; 土壤类型; 青海东部

中图分类号: S153. 6; X142

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2023)04-1098-11

0 引言

陆地生态系统包含着土壤碳库和生物体碳库, 土壤碳库是动态碳储库, 不断发生着碳的输出和流入^[1], 其中土壤有机碳是土壤碳库中重要的碳储存状态, 也是陆地生态系统中最大的碳储库^[2]。在人类活动的影响下, 个别地区土壤碳库有逐渐成为碳源的趋势, 同时部分生态系统的碳汇功能正在减弱^[3]。土壤有机碳在土壤碳库中占主体地位^[4], 因此研究土壤有机碳密度及空间分布特征, 对于全球碳循环、气候变化及温室效应研究等有着重要的意义^[5]。目前国内已开展了较多的青藏高原及黄土高原地区土壤有机碳研究, 结果表明: 近年青藏高原有机碳总储量减少, 黄土高原则呈增加趋势^[6]。同时, 针对青海东部地区表层土壤有机碳密度及储量的研究偏少。青海东部位于青藏高原北缘, 西接黄

土高原, 东接青藏高原东北部, 生态系统相对脆弱, 生态地位显著^[7]。2004 年青海省启动生态地球化学调查工作, 截止 2021 年, 青海省地质调查院、青海省第五地质勘查院先后开展了西宁、海东、海北、海南、黄南等地区 1:25 万区域土壤地球化学调查, 累计完成调查面积 33 092 km²^[8]。笔者通过整理青海东部地区生态地球化学调查取得的有机碳、全碳数据指标, 计算青海东部表层土壤有机碳密度和土壤有机碳储量^[9], 摸清青海东部地区有机碳储量“家底”, 可为土地资源利用、农业种植、粮食安全、碳循环和环境风险评估等提供基础依据^[10]。

1 研究区概况

研究区位于青海省东部, 西起青海湖北部海北州刚察县, 东至青海甘、肃交界, 北接海北州祁连县, 南至循化—化隆一带, 主要包括西宁市及周边主要

收稿日期: 2022-06-04; 修回日期: 2022-11-03

基金项目: 青海省省级地质勘查专项资金项目“青海省玉树市地区 1:25 万土地(牧草地)质量地球化学调查”(2022012019jc013); 中国地质调查局国家公益性地质调查专项“青海门源—湟中地区 1:25 万土地质量地球化学调查”(DD20160319-07)

第一作者: 刘庆宇(1987-), 男, 理学学士, 工程师, 主要研究方向为农业地球化学、生态环境等。Email: 452250910@qq.com

市县区,行政上分属西宁市、海东市、海南州、海北州和海南州管辖。研究区面积 33 092 km²(见图 1),是青海省工农业核心区^[11]。109 国道、315 国道、兰西高速、青藏铁路等主干道路贯穿全区,各县、乡之间均有公路网相通,交通较为便利。研究区域跨度较大,地质背景复杂,成土母质主要有黄土、湖积物、冲洪积物、残坡积物以及风成砂共 5 种类型^[12];地貌分为河谷盆地、河谷平原、湖积平原、丘陵、中低山、高山、沙漠等 7 种类型(图 2a);土壤类型主要有高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、栗钙土、灰褐土、黑钙土、灰钙土、灌淤土及风沙土共 9 种^[13-15](图 2b),其中栗钙土分布面积较大,黑钙土面积次之;土地利用类型按大类分为草地、林地、旱地、水浇地、滩涂、建筑用地(城镇用地)、裸地(高山植被稀疏覆盖区)(图 2c);区内生态系统为草原生态系统、森林生态系统、农田生态系统、城镇生态系统、湖泊生态系统(滩涂)、沙漠生态系统^[16](图 2d)。

2 样品采集与测试

表层土壤采样按《多目标区域地球化学调查规范》(DD2005-01)和《多目标区域地球化学调查规

范(1:250 000)》(DZ/T 0258—2014)要求完成^[17],采样密度为 1 个点/km²,采样深度为 0~20 cm,经过晾晒、揉搓、过 20 目尼龙筛,每 4 km² 内的样品进行组合^[18],由自然资源部合肥矿产资源监督检测中心和自然资源部西宁矿产资源监督检查中心共同完成分析测试。土壤样品经过重铬酸钾氧化处理,采用硫酸亚铁铵容量法(VOL)测试有机质含量,检出限为 0.05%,满足多目标调查规范要求^[19],测试精密密度为 3.79%,插入的国家标准物质 5%抽查试样合格率均达 100%,报出率为 100%^[20]。经中国地质调查局组织验收,分析数据满足 1:25 万多目标区域地球化学调查要求^[21]。

3 计算方法

参照《全国土壤碳储量及各类元素(氧化物)储量实测计算暂行要求》^[22],以多目标区域地球化学调查表层土壤样品有机碳含量计算表层土壤有机碳密度,依据其含量分布模式计算得到单位土壤有机碳量(以分析样品网格单元 4 km² 计),对单位土壤有机碳量进行加和计算取得土壤有机碳储量^[23-24]。



图 1 青海东部地区交通位置
Fig. 1 Traffic location in eastern Qinghai

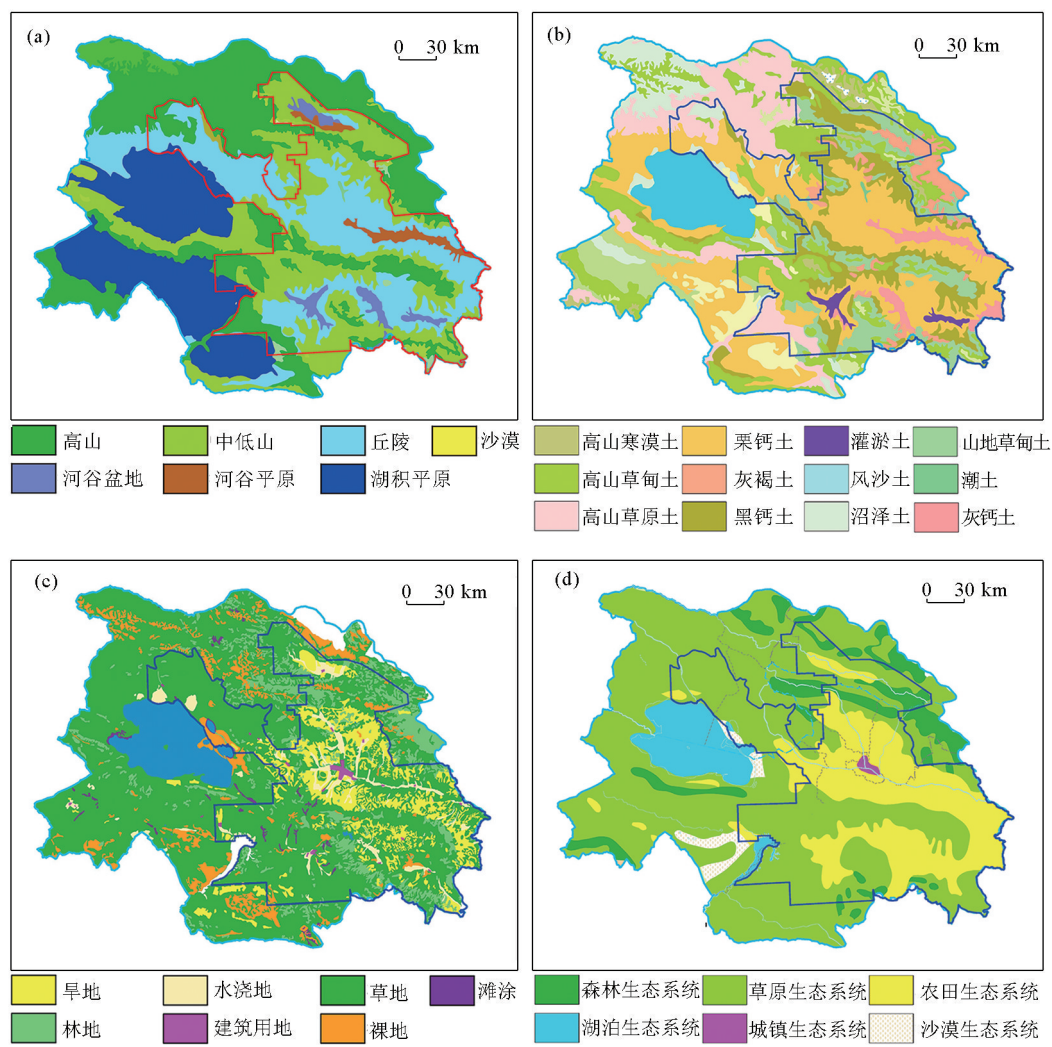


图2 青海东部地区地形地貌(a)、土壤类型(b)、土地利用(c)、生态系统分区(d)

Fig. 2 Landform (a), soil type (b), land use (c) and ecosystem division (d) in eastern Qinghai

表层土壤有机碳计算公式为：

$$SOC_D = TOC \times D \times \rho \times 10^4, \quad (1)$$

式中：SOC_D 表示表层土壤有机碳密度，t/km²；TOC 取表层土壤有机碳实测含量值，%；D 为表层土壤样深度，取 0.2 m^[25]；ρ 为土壤容重，t/m³，取自《青海土壤》^[26]；10⁴ 为单位土壤面积内换算系数^[27]。

表层土壤样品为 4 km² 内组合为一件样品分析，因此计算 4 km² 单元内的单位表层土壤有机碳量后即可求得研究区表层土壤有机碳总储量^[28-29]。计算公式为：

$$USCA_{TOC} = SOC_D \times 4, \quad (2)$$

式中：USCA_{TOC} 为单位表层土壤有机碳量，t/4 km²；SOC_D 表示表层土壤有机碳密度，t/km²。

计算出青海东部地区全部表层单位土壤有机碳含量总和即为研究区表层土壤有机碳储量^[30]。计

算公式为：

$$\text{表层土壤有机碳储量} = \sum USCA_{TOC}。 \quad (3)$$

4 结果与分析

4.1 表层土壤有机碳总体分布特征

研究区土壤表层有机碳总储量为 171.16 Mt，有机碳密度在 140.8~19 625.41 t/km²，平均有机碳密度为 5 172.14 t/km²，略低于全国自然土壤表层有机碳平均密度值(5 700 t/km²)^[31]，远高于全国耕种土壤表层有机碳平均密度值(3 000 t/km²)^[32]。青海东部处于青藏高原东北部和黄土高原交界地带，地形变化大，温度差异大，土壤类型多样且有机质含量差别较大，从而造成了研究区有机碳密度变化幅度较大^[33]。2012 年钟聪等^[34]估算得出青海省表层土有机碳密度平均值为 4 509 t/km²，研究区表层土

壤有机碳密度略高于该值,主要由于柴达木盆地大面积风成砂土有机质含量低,拉低了全省平均值。与全国其他地区表层土壤有机碳密度对比,本区土壤有机碳密度明显偏高(表1)。

以研究区内单位土壤碳储量(4 km²)为基础数据,应用软件GeoExpl进行2 km×2 km的网格化(搜索半径为5 km)处理,按照累积频率法绘制等值线图,用以展现有机碳密度空间分布规律(图3)。

从图中可以看出,在达坂山山区、拉脊山山区、坎布拉山区、青海湖北部土壤单位有机碳密度较高;西宁—民和盆地、青海湖沙岛、共和盆地及贵德谷地土壤单位有机碳密度较低。

表 1 中国典型地区表层土壤有机碳密度及储量特征
Table 1 Characteristics of soil organic carbon density and storage in typical areas of China

地区	面积/km ²	储量有机碳/Mt	有机碳密度/(t·km ⁻²)
东北平原(黑龙江、吉林、辽宁)	230800	768.07	3327.8
成都平原(四川)	58956	248.90	4222
洞庭湖地区(湖南)	41696	165.49	3969
华北平原(河北)	80268	179.96	2242
渭河平原(陕西)	13648	30.90	2264
长江中下游平原(江苏)	106424	309.72	2910
黄土高原西段(甘肃)	42348	78.56	1870
青海东部	33092	171.16	5172.14

注:1 Mt=1×10⁶t;东北平原数据引自奚小环等^[35],成都平原、洞庭湖地区、华北平原、渭河平原、长江中下游平原数据引自奚小环等^[36],黄土高原西段数据引自李春亮等^[28]。

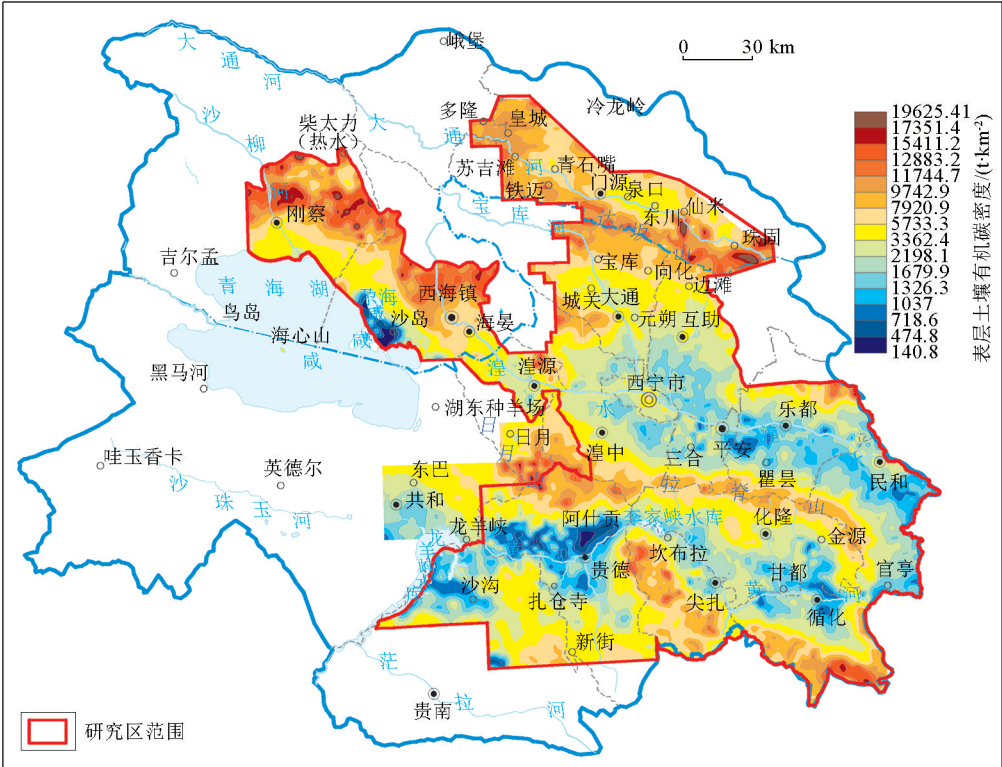


图 3 青海东部地区表层土壤单位有机碳密度分布

Fig. 3 Distribution of unit organic carbon density in surface soil of eastern qinghai

4.2 不同单元有机碳密度特征

将青海东部表层土壤有机碳数据按地貌、土壤类型、成土母质、土地利用方式、生态系统等进行分类^[36-37],分别计算表层土壤有机碳密度及储量,探讨有机碳密度分布特征。

4.2.1 不同地貌有机碳密度特征

对比研究区不同地貌表层土壤平均有机碳储量数据(表2),可以看出表层土壤有机碳密度排序为:高山>中低山>湖积平原>丘陵>河谷盆地>河谷平原>沙漠,其中高山、中低山和湖积平原表层土壤有机碳平均密度在6 000 t/km²以上,高于研究区平均

值,这是因为山区及湖积平原区海拔较高,温度相对较低,且人类活动影响小,湿度大,有机质积累大于分解,土壤有机碳密度高^[38];河谷盆地、河谷平原和丘陵表层土壤有机碳平均密度在4 000~4 600 t/km²,丘陵地貌虽然土壤有机碳平均密度一般^[39],但分布面积较大,仍占表层土壤有机碳总储量的36.98%,三者有机碳总储量占研究区一半以上^[40];沙漠地貌中平均有机碳密度在1 500 t/km²以下,风沙土为主,有机质等养分含量极低^[41],分布面积小,仅占研究区表层土壤有机碳储量的0.26%。

表 2 青海东部地区不同地貌有机碳储量和密度分布
Table 2 Organic carbon storage and density distribution
of different landforms in eastern Qinghai

地貌景观	面积/km ²	平均密度/ (t·km ⁻²)	总储量/Mt	占比/%
河谷盆地	4324	4209.14	18.20	10.63
河谷平原	3456	4083.23	14.11	8.24
丘陵	13998	4521.96	63.30	36.98
湖积平原	564	6490.82	3.66	2.14
中低山	5056	6692.51	33.84	19.77
高山	5398	6966.43	37.60	21.98
沙漠	296	1497.15	0.44	0.26

4.2.2 不同土壤类型有机碳密度特征

对比研究区不同类型土壤平均有机碳密度数据(表3)^[42],可以看出:表层土壤中有机碳密度由高到底依次为高山寒漠土>灰褐土>高山草原土>沼泽土>高山草甸土>黑钙土>潮土>栗钙土>灰钙土>灌淤土>风沙土。

有机碳密度在高山寒漠土中最高(13 642.4 t/km²),这是由于高山寒漠土分布在海拔 4 000 m 以上,气候冷凉,冻融交替频繁,生物作用微弱,土壤发育迟缓,有机质分解和腐殖化缓慢;其次在灰褐土、高山草甸土、沼泽土、高山草甸土等海拔相对较高的中高山土类中有机碳密度较高,对应为林草地覆盖区^[43];而海拔相对较低、多分布在丘陵与河谷地带的栗钙土、灰钙土及灌淤土,其平均有机碳密度较低^[44-45],对应为农耕地,显示其受农业耕种影响,有机质呈现逐渐降低的趋势^[46];风沙土中有机质含量最低,对应沙漠区,有机质含量低且不易存储^[47]。

表 3 青海东部地区不同土壤类型有机碳储量和密度分布
Table 3 Organic carbon storage and density distribution
of different soil types in eastern Qinghai

土壤类型	面积/ km ²	平均密度/ (t·km ⁻²)	总储量/ Mt	占比/%
沼泽土	428	6732.70	2.88	1.68
山地草甸土	5012	6628.46	33.22	19.41
栗钙土	11760	3408.43	40.08	23.42
灰褐土	1216	9823.67	11.94	6.98
灰钙土	1456	2184.35	3.18	1.86
黑钙土	6156	5336.24	32.85	19.19
灌淤土	472	1438.60	0.68	0.40
高山寒漠土	296	13642.40	4.04	2.36
高山草原土	1920	7663.58	14.71	8.60
高山草甸土	4032	6681.11	26.94	15.74
风沙土	296	1463.65	0.43	0.25
潮土	48	3983.25	0.19	0.11

4.2.3 不同成土母质有机碳密度特征

比较研究区内不同成土母质平均有机碳储量数据,可以看出表层土壤有机碳密度特征为:残坡积物>冲洪积物>湖积物>黄土>风成砂(表4),不同成土

母质间有机碳密度差异较大。有机碳密度高值区多为残坡积物、冲洪积物分布区,二者占研究区有机碳总储量的 86.5%,残坡积物成土母质区表层土壤有机碳平均密度达到 8 568.13 t/km²,对应的林草地覆盖率较高,腐殖层较厚,致使有机碳储量处于较高水平^[48],而在黄土及风成砂成土母质中有机质、微生物等偏少,有机碳密度处于较低水平。

表 4 青海东部地区不同成土母质有机碳储量和密度分布
Table 4 Organic carbon storage and density distribution of
different soil parent materials in eastern Qinghai

成土母质	面积/ km ²	平均密度/ (t·km ⁻²)	总储量/ Mt	占比/%
冲洪积物	16928	4449.62	75.32	44.01
残坡积物	8488	8568.13	72.73	42.49
湖积物	464	3817.04	1.77	1.03
风成砂	488	1589.75	0.78	0.46
黄土	6724	3058.08	20.56	12.01

4.2.4 不同土地利用类型有机碳密度特征

比较研究区不同土地利用类型土壤有机碳密度数据,可以看出表层土壤有机碳密度由高到底依次为林地>裸地(高山植被稀疏覆盖区)>草地>旱地>建筑用地(城镇用地)>水浇地>滩涂(表5),其中林地、裸地(高山植被稀疏覆盖区)、草地表层土壤有机碳平均密度均在 5 500 t/km² 以上,高于全区平均值,与高海拔、低温度、林草地、人类活动影响小等因素相对应^[49];旱地、水浇地、建筑用地(城镇用地)表层土壤碳密度在 3 200~3 500 t/km²,与人为耕灌活动影响下土壤熟化程度提高^[50]、有机质分解速率大于积累有关,导致土壤有机碳密度低于全区^[51];滩涂区土壤养分匮乏,有机质含量极低^[52]。

表 5 青海东部地区不同土地利用类型有机碳储量和密度分布
Table 5 Organic carbon storage and density distribution of
different land use types in eastern Qinghai

土地利用	面积/ /km ²	平均密度/ (t·km ⁻²)	总储量/ Mt	占比/%
草地	21292	5517.92	117.49	68.64
林地	3012	7723.06	23.26	13.59
旱地	5972	3480.89	20.79	12.15
水浇地	1712	3242.49	5.55	3.24
建筑用地(城镇用地)	208	3342.42	0.70	0.41
裸地(高山植被稀疏覆盖区)	400	6231.53	2.49	1.45
滩涂	496	1774.24	0.88	0.51

4.2.5 不同生态系统有机碳密度特征

对比可见,研究区不同生态系统表层土壤有机碳密度由高到底依次为森林生态系统>草原生态系统>农田生态系统>城镇生态系统>湖泊生态系统(滩涂)>沙漠生态系统(表6),森林和草原二者土壤有机碳密度明显高于全区平均值^[53-54],且分布面

积大,土壤有机碳储量占全区的 83. 69%;农田和城镇生态系统中农业活动和人为因素成为了影响土壤有机碳分布的主导因素,区内农业区耕作历史久远,人口稠密,长期缺乏科学指导的灌溉,土壤有机质含量逐年下降,城镇内植被覆盖少,有机碳的输入补充不足,导致了土壤有机碳密度较低^[55];沙漠和湖泊生态系统中土壤养分均严重不足,有机质含量极低。

表 6 青海东部地区不同生态系统有机碳储量和密度分布
Table 6 Organic carbon storage and density distribution of different ecosystems in eastern Qinghai

生态系统	面积/km ²	平均密度/ (t · km ⁻²)	总储量/Mt	占比/%
草原生态系统	21692	5531. 08	119. 98	70. 10
城镇生态系统	208	3342. 42	0. 70	0. 41
湖泊生态系统	176	2454. 93	0. 43	0. 25
农田生态系统	7688	3426. 65	26. 34	15. 39
森林生态系统	3008	7731. 65	23. 26	13. 59
沙漠生态系统	320	1399. 87	0. 45	0. 26

4.3 有机碳储量变化趋势

青海省第二次土壤普查周期是 1979~1985 年,形成的成果资料主要为《青海土壤》^[56],本次研究引用《青海土壤》中收录的 312 个典型剖面数据,有机质测试方法为重铬酸钾消化法,采用青海第二次土壤普查中各类土壤典型剖面表层土壤(0~20 cm)有

机碳的平均值和多目标调查数据分别计算各类土壤有机碳储量值^[57],并比较其储量变化情况(图 4),获得了从青海省第二次土壤普查到多目标调查这 20 多年间的有机碳储量变化趋势^[35]。图中蓝色—黄绿色部分为负值区(-5. 95~-0. 86)×10⁻⁴ t,代表碳源区,主要分布在门源县大通河谷下游、大通北部、拉脊山主脊、共和盆地、黄河以南的山区,这些区域由于水土流失、气候变暖等因素,成为一个巨大的碳源区域;其次为黄绿色区域(-0. 86~-0. 44)×10⁻⁴ t,主要分布在湟水谷地、黄河谷地向丘陵山区的过段地带,农业耕种使得一定量的碳从土壤中带出,土壤有机碳有一定的降低;黄色—红色部分为正值区(0. 05~5. 7)×10⁻⁴ t,代表碳汇区,主要分布在青海湖北部、达坂山山区、化隆—尖扎县周边,该区有大量的牧草生长,并腐化成有机质在本地堆积,固定了大量空气中的碳。

统计区内不同土地类型的有机碳储量变化,划分碳汇碳源功能区,结果见表 7。结果显示,20 年来高山寒漠土、高山草原土、灰钙土、风沙土、潮土表层土壤有机碳随着时间增加呈增长的趋势,其分布区域被划分为碳汇区^[58];其他土壤类型呈减少趋势,被划分为碳源区,尤其是高山草甸土、黑钙土、灰褐土是最主要的碳释放区^[59]。近 20 多年来表层土壤

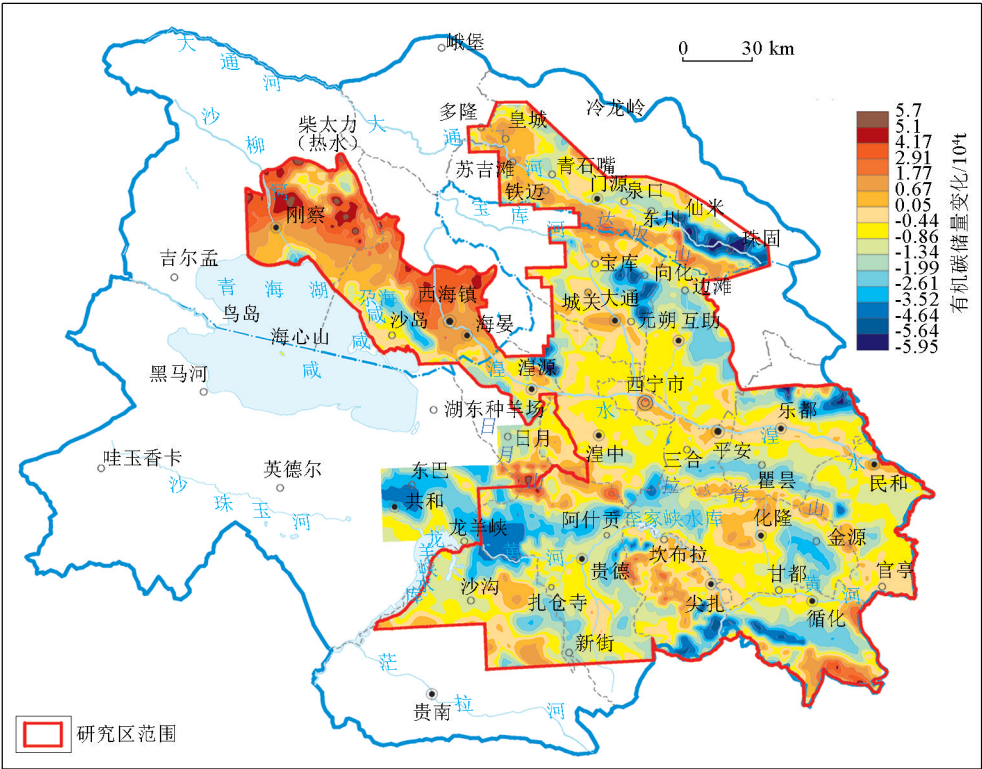


图 4 青海东部地区近 20 年表层土壤有机碳储量变化趋势
Fig. 4 Variation trend of topsoil organic carbon storage in recent 20 years in eastern Qinghai

共释放约 53.21×10^6 t 有机碳。高山草甸土是青海高山区主要草场土壤,热量条件差,但水分条件较好,全量养分丰富。但 1980~2000 年期间人为过度放牧情况严重,导致草场退化,土壤出现较严重砂砾化,“黑土滩”面积缓步增加,土壤肥力明显降低。现已加强草场资源管理,根据实际草场载蓄能力合理安排放牧,并引进人工牧草改变传统牧业模式。黑钙土分布在海拔 2 500~3 000 m,居于山前冲积、洪积平原、台地和中低山山区,属于研究区主要耕作土壤之一,受长年灌耕影响较大。灰褐土是山地森林土壤,有机质、氮等养分含量均很高,属于潜在肥力很高的土壤^[60],同样在 20 世纪 80 年代至 2000 年偷砍乱伐严重,森林病虫害也无人防治,造成森林面积减少,有机碳密度降低,现已实施封山育林,加大了环境保护力度。

表 7 青海东部地区不同土壤类型有机碳储量变化趋势统计

Table 7 Trends of organic carbon storage in different soil types in eastern Qinghai			
土壤类型	多目标时期有机碳储量/Mt	二普时期有机碳储量/Mt	碳储量变化量/Mt
潮土	0.19	0.12	0.07
风沙土	0.43	0.40	0.03
高山草甸土	26.94	45.85	-18.92
高山草原土	14.71	7.12	7.59
高山寒漠土	4.04	0.51	3.53
灌淤土	0.68	1.37	-0.69
黑钙土	32.85	54.18	-21.33
灰钙土	3.18	2.50	0.68
灰褐土	11.95	28.41	-16.46
栗钙土	40.08	43.24	-3.16
山地草甸土	33.22	36.62	-3.39
沼泽土	2.88	4.03	-1.15
总计	171.16	224.36	-53.21

5 结论

1) 青海东部表层土壤有机碳总储量为 171.16 Mt,平均有机碳密度为 $5\,172.14\text{ t/km}^2$,在达坂山、拉脊山、坎布拉等山区和青海湖北部及大通山南麓表层土壤有机碳密度较高,西宁—民和盆地、青海湖沙岛、共和盆地及黄河谷地土壤有机碳密度较低。

2) 对比青海东部地区不同地貌类型、土壤类型、成土母质、土地利用类型和生态系统发现:在高山和中低山地貌、草原土和草甸土土壤类型、残坡积物成土母质、林草地和高山稀疏植被区土地利用、草原和森林系统下,表层土壤有机碳平均密度明显较高,且森林和草原表层土壤有机碳占全区 80% 以

上;在沙漠地貌、风沙土土壤类型和风成砂成土母质下表层土壤有机碳密度全区最低;说明海拔高低变化表现的地形地貌、成土母质、土壤类型及植被等自然因素的差异均对表层土壤有机碳密度及分布规律产生影响。

3) 依据多目标区域地球化学调查与青海省土壤第二次普查表层土壤有机碳数据的对比研究表明,青海东部地区整体属于碳源区,在过去 20 多年里表层土壤有机碳储量呈下降趋势,共释放约 53.21 Mt 有机碳,其中作为主要耕种土壤的黑钙土释放了 21.33 Mt 有机碳,说明人为耕作活动对表层土壤有机碳空间分布和储量有较显著的影响。

致谢:感谢青海省第四地质勘查院姬丙艳教授级高级工程师在论文编写过程中提供的指导和帮助,感谢匿名审稿专家对文章内容提出了宝贵的意见和建议,对论文的修改完善有很大帮助,在此表示诚挚的谢意。

参考文献(References):

[1] 曹宏杰,王立民,罗春雨,等. 三江平原地区土壤有机碳及其组成的空间分布特征[J]. 生态环境学报,2013,22(7):1111-1118.

Cao H J, Wang L M, Luo C Y, et al. Spatial distribution patterns of soil organic carbon and its fractions in Sanjiang Plain [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(7): 1111-1118.

[2] 陈泮勤. 地球系统碳循环[M]. 北京:科学出版社,2004:1-30.

Chen P Q. Earth system carbon cycle[M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-30.

[3] 奚小环,李敏,张秀芝,等. 中国中东部平原及周边地区土壤有机碳分布与变化趋势研究[J]. 地学前缘,2013,20(1):154-165.

Xi X H, Li M, Zhang X Z, et al. Research on soil organic carbon distribution and chang trend in middle-east plain and its vicinity in China[J]. Earth Science Frontiers, 2013, 20(1): 154-165.

[4] 李成,王让会,李兆哲,等. 中国典型农田土壤有机碳密度的空间分异及影响因素[J]. 环境科学,2021,42(5):2432-2439.

Li C, Wang R H, Li Z Z, et al. Spatial differentiation of soil organic carbon density and influencing factors in typical croplands of China [J]. Environmental Science, 2021, 42(5): 2432-2439.

[5] 张立,金晶泽,姜侠,等. 1986—2019 年黑龙江省松嫩平原表层土壤有机碳变化及固碳潜力估算[J]. 现代地质,2021,35(4):914-922.

Zhang L, Jin J Z, Jiang X, et al. Variations of organic carbon and e-valuation of carbon sequestration potential in surface soil in Songnen Plain of Heilongjiang Province from 1986 to 2019 [J]. Geoscience, 2021, 35(4): 914-922.

[6] 马剑,金铭,敬文茂,等. 祁连山中段典型植被土壤有机碳密度研究[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(8):99-105.

Ma J, Jin M, Jing W M, et al. Study on soil organic carbon density

- of typical vegetation in middle Qilian mountains[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2020, 40(8): 99–105.
- [7] 张亚亚, 郭颖, 刘海红, 等. 青藏高原表土有机碳、全氮含量分布及其影响因素[J]. 生态环境学报, 2018, 27(5): 866–872.
- Zhang Y Y, Guo Y, Liu H H, et al. Content and impact factors of soil organic carbon and total nitrogen on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2018, 27(5): 866–872.
- [8] 刘庆宇, 马瑛, 程莉. 青海门源县土壤质量地球化学评价[J]. 地质与勘探, 2022, 58(3): 609–618.
- Liu Q Y, Ma Y, Cheng L. Geochemical evaluation of soil quality in Menyuan County of Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2022, 58(3): 609–618.
- [9] 张亚峰, 马强, 姬丙艳, 等. 青海周边地区土壤碳汇潜力评价[J]. 中国矿业, 2016, 25(S1): 271–273, 295.
- Zhang Y F, Ma Q, Ji B Y, et al. Evaluation on potential soil carbon sequestration in the surrounding area of Qinghai[J]. China Mining Magazine, 2016, 25(S1): 271–273, 295.
- [10] 奚小环. 自然资源时期: 大数据与地球系统科学——再论全面发展时期的勘查地球化学[J]. 物探与化探, 2019, 43(3): 449–460.
- Xi X H. Natural resources period: Big data and systematic science of the earth—More on exploration geochemistry during the overall development period [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(3): 449–460.
- [11] 马瑛, 刘庆宇, 黄强, 等. 青海门源—湟中地区 1:25 万土地质量地球化学调查成果报告[R]. 青海省第五地质勘查院, 2019.
- Ma Y, Liu Q Y, Huang Q, et al. Report on 1:250 000 geochemical investigation results of land quality in Menyuan-Huangzhong area, Qinghai Province[R]. The fifth Geological Exploration Institute of Qinghai Province, 2019.
- [12] 姬丙艳, 许光. 青海东部生态地球化学成果及经济效益示范[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2020: 70–97.
- Ji B Y, Xu G. Eco geochemical achievements and economic benefit demonstration in eastern Qinghai [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 2020: 70–97.
- [13] 青海省农业资源区划办公室. 青海土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- Qinghai Agricultural Resources Regionalization Office. Qinghai soil [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [14] 袁杰, 曹广超, 鄂崇毅, 等. 环青海湖表层土壤沉积物粒度分布特征及其指示意义[J]. 水土保持研究, 2015, 22(3): 150–154.
- Yuan J, Cao G C, E C Y. et al. Grain size distribution of surface soil deposit around Qinghai Lake and its implications[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(3): 150–154.
- [15] 瓮耐义, 刘康, 王纪伟. 基于 GIS 的高原植被空间格局与地形因子相关关系研究[J]. 水土保持通报, 2014, 34(1): 232–236.
- Weng N Y, Liu K, Wang J W. A study of relationship between spatial vegetation pattern and terrain factors based on GIS Techniques [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2014, 34(1): 232–236.
- [16] 张立, 崔玉军, 刘国栋, 等. 哈尔滨—绥化地区土壤氮储量及其时空变化特征[J]. 地质与资源, 2014, 23(2): 188–191.
- Zhang L, Cui Y J, Liu G D, et al. Soil nitrogen storage and its variation in space and time in Harbin-Suihua area [J]. Geology and Resources, 2014, 23(2): 188–191.
- [17] 张明, 陈国光, 刘红樱, 等. 长江三角洲表层土壤 Sn 元素的空间分布特征及影响因素[J]. 地质通报, 2011, 30(7): 1147–1154.
- Zhang M, Chen G G, Liu H Y, et al. Spatial distribution of tin in top soils of Yangtze River delta and influencing factors[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(7): 1147–1154.
- [18] 奚小环, 张建新, 廖启林, 等. 多目标区域地球化学调查与土壤碳储量问题——以江苏、湖南、四川、吉林、内蒙古为例[J]. 第四纪研究, 2008, 28(1): 58–67.
- Xi X H, Zhang J X, Liao Q L, et al. Multi-purposed regional geochemical survey and soil carbon reserves problem: Examples of Jiangsu, Hunan, Sichuan, Jilin Provinces and Inner Mongolia [J]. Quaternary Sciences, 2008, 28(1): 58–67.
- [19] 刘文辉. 甘肃省张掖—永昌地区土壤有机碳密度估算及其空间分布特征[J]. 物探与化探, 2013, 37(3): 552–556.
- Liu W H. The soil organic carbon density and its distribution characteristics in Zhangye-Yongchang area, Gansu Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2013, 37(3): 552–556.
- [20] 鲍丽然, 龚媛媛, 严明书, 等. 渝西经济区土壤地球化学基准值与背景值及元素分布特征[J]. 地球与环境, 2015, 43(1): 31–40.
- Bao L R, Gong Y Y, Yan M S, et al. Element geochemical baseline and distributions in soil in Chongqing West Economic zone, China [J]. Earth and Environment, 2015, 43(1): 31–40.
- [21] 韩伟, 王乔林, 宋云涛, 等. 四川省沐川县北部土壤硒地球化学特征与成因探讨[J]. 物探与化探, 2021, 45(1): 215–222.
- Han W, Wang Q L, Song Y T, et al. Geochemical characteristics and genesis of selenium in soil in northern Muchuan County, Sichuan Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(1): 215–222.
- [22] 刘国栋, 李禄军, 戴慧敏, 等. 松辽平原土壤碳库变化及其原因分析[J]. 物探与化探, 2021, 45(5): 1109–1120.
- Liu G D, Li L J, Dai H M, et al. Change in soil carbon pool in Songliao Plain and its cause analysis [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(5): 1109–1120.
- [23] 奚小环, 杨忠芳, 夏学齐, 等. 基于多目标区域地球化学调查的中国土壤碳储量计算方法研究[J]. 地学前缘, 2009, 16(1): 194–205.
- Xi X H, Yang Z F, Xia X Q, et al. Calculation techniques for soil carbon storage of China based on multi-purpose geochemical survey [J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(1): 194–205.
- [24] 贺鹏飞, 魏明辉, 李秋燕, 等. 内蒙古鄂伦春旗东部主要农耕地土壤有机碳含量及主要影响因素分析[J]. 地质与资源, 2020, 29(6): 574–578.
- He P F, Wei M H, Li Q Y, et al. Soil organic carbon in the main cultivated lands of eastern Oroqen Banner, Inner Mongolia: Contents and major influencing factors [J]. Geology and Resources,

- 2020, 29(6): 574–578.
- [25] 张妍, 谷志云, 裴瑞亮, 等. 河南商丘地区土壤有机碳密度及其空间分布特征[J]. 勘查勘查, 2021, 12(10): 2153–2160.
Zhang Y, Gu Z Y, Pei R L, et al. Soil organic carbon density and distribution in Shangqiu area, Henan Province[J]. Mineral Exploration, 2021, 12(10): 2153–2160.
- [26] 张亚峰, 姬丙艳, 马强, 等. 青海湟水河流域表层土壤有机碳储量和密度浅析[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 298–301.
Zhang Y F, Ji B Y, Ma Q, et al. Preliminary analysis of organic carbon density and Storage of surface soils in Huangshui River Basin at Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 298–301.
- [27] 张秀芝, 赵相雷, 李宏亮, 等. 河北平原土壤有机碳储量及固碳机制研究[J]. 地学前缘, 2011, 18(6): 41–55.
Zhang X Z, Zhao X L, Li H L, et al. Research on organic carbon storage and sequestration mechanism of soils in the Hebei Plain[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(6): 41–55.
- [28] 李春亮, 王翔, 张炜, 等. 黄土高原西段表层土壤有机碳储量及时空变化规律[J]. 现代地质, 2022, 36(2): 655–661.
Li C L, Wang X, Zhang W, et al. Topsoil organic carbon storage and its spatial and temporal variation in the western Loess Plateau[J]. Geoscience, 2022, 36(2): 655–661.
- [29] 代杰瑞, 庞绪贵, 董健, 等. 山东省土壤有机碳库及其时空变化特征[J]. 现代地质, 2017, 31(2): 386–393.
Dai J R, Pang X G, Dong J, et al. Soil organic carbon pool and temporal variation characteristics in Shandong Province[J]. Geoscience, 2017, 31(2): 386–393.
- [30] 姜蓝齐, 臧淑英, 张丽娟, 等. 松嫩平原农田土壤有机碳变化及固碳潜力估算[J]. 生态学报, 2017, 37(21): 7068–7081.
Jiang L Q, Zang S Y, Zhang L J, et al. Temporal and spatial variations of organic carbon and evaluation of carbon sequestration potential in the agricultural topsoil of the Songnen Plain[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(21): 7068–7081.
- [31] 鲍丽然, 严明书, 贾中民, 等. 重庆西部表层土壤有机碳储量与密度分布[J]. 物探与化探, 2015, 39(1): 180–185.
Bao L R, Yan M S, Jia Z M, et al. The distribution of the surface soil organic carbon storage and density in western Chongqing[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(1): 180–185.
- [32] 宋满珍, 刘琪璟, 吴自荣, 等. 江西省森林土壤有机碳储量研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2010, 34(2): 6–10.
Song M Z, Liu Q J, Wu Z R, et al. Organic carbon storage of forest soil in Jiangxi province[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2010, 34(2): 6–10.
- [33] 李林, 李晓东, 校瑞香, 等. 青藏高原东北部气候变化的异质性及其成因[J]. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1496–1505.
Li L, Li X D, Xiao R X, et al. The heterogeneity of climate change and its genesis in the Northeastern Qinghai-Tibet Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1496–1505.
- [34] 钟聪, 杨忠芳, 夏学齐, 等. 青海省土壤有机碳储量估算及其源汇因素分析[J]. 现代地质, 2012, 26(5): 896–909.
Zhong C, Yang Z F, Xia X Q, et al. Estimation of soil organic carbon storage and analysis of soil carbon source/sink factors in Qinghai Province[J]. Geoscience, 2012, 26(5): 896–909.
- [35] 奚小环, 杨忠芳, 崔玉军, 等. 东北平原土壤有机碳分布与变化趋势研究[J]. 地学前缘, 2010, 17(3): 213–221.
Xi X H, Yang Z F, Cui Y J, et al. A study of soil carbon distribution and change in Northeast Plain[J]. Earth Science Frontiers. Earth Science Frontiers, 2010, 17(3): 213–211.
- [36] 奚小环, 杨忠芳, 廖启林, 等. 中国典型地区土壤碳储量研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30(3): 573–583.
Xi X H, Yang Z F, Liao Q L, et al. Soil organic carbon storage in typical regions of China[J]. Quaternary Sciences, 2010, 30(3): 573–583.
- [37] 罗由林, 李启权, 王昌全, 等. 近 30 年来川中紫色丘陵区土壤碳氮时空演变格局及其驱动因素[J]. 土壤学报, 2016, 53(3): 582–593.
Luo Y L, Li Q Q, Wang C Q, et al. Spatio-temporal variations of soil organic carbon and total nitrogen and driving factors in purple soil hilly area of mid-Sichuan Basin in the past 30 years[J]. Acta Pedologica Sinica, 2016, 53(3): 582–593.
- [38] 傅野思, 夏学齐, 杨忠芳. 内蒙古自治区土壤有机碳库储量及分布特征[J]. 现代地质, 2012, 26(5): 886–895.
Fu Y S, Xia X Q, Yang Z F. Storage and distribution of soil organic carbon in Inner Mongolia[J]. Geoscience, 2012, 26(5): 886–895.
- [39] 刘文辉, 李春亮, 吴永强. 甘肃省兰州—白银地区土壤有机碳库储量估算与空间分布特征[J]. 物探与化探, 2012, 36(3): 367–371.
Liu W H, Li C L, Wu Y Q. Reserves estimation and spatial distribution of the organic carbon pool in Lanzhou-Baiyin area, Gansu Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 36(3): 367–371.
- [40] 马逸麟, 鄧海满, 彭晓玫, 等. 江西省鄱阳湖及周边经济区土壤有机碳储量分布特征[J]. 岩矿测试, 2014, 33(2): 246–255.
Ma Y L, Qie H M, Peng X M, et al. The reserve distribution characteristics of organic carbon in soil from Poyang Lake and the surrounding economic region[J]. Rock and Mineral Analysis, 2014, 33(2): 246–255.
- [41] 郭灵辉, 高江波, 吴绍洪, 等. 1981—2010 年内蒙古草地土壤有机碳时空变化及其气候敏感性[J]. 环境科学研究, 2016, 29(7): 1050–1058.
Guo L H, Gao J B, Wu S H, et al. Spatial-temporal change of soil organic carbon and its susceptibility to climate change in Inner Mongolia Grassland during 1981–2010[J]. Research of Environmental Sciences, 2016, 29(7): 1050–1058.
- [42] 程先富, 谢勇. 基于 GIS 的安徽省土壤有机碳密度的空间分布特征[J]. 地理科学, 2009, 29(4): 540–544.
Cheng X F, Xie Y. Spatial distribution of soil organic carbon density in Anhui Province based on GIS[J]. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29(4): 540–544.
- [43] 罗由林, 李启权, 王昌全, 等. 四川省仁寿县土壤有机碳空间分布特征及其主控因素[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 34–42.

- Luo Y L, Li Q Q, Wang C Q, et al. Spatial variability of soil organic carbon and related controlling factors in Renshou County, Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015, 23(1): 34-42.
- [44] 张珍明, 周运超, 黄先飞, 等. 喀斯特小流域土壤有机碳密度及碳储量空间分布异质性[J]. 水土保持学报, 2017, 31(2): 184-190, 214.
- Zhang Z M, Zhou Y C, Huang X F, et al. Spatial heterogeneity and distribution characteristics of soil organic carbon density and soil carbon storage in a small Karst watershed[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2017, 31(2): 184-190, 214.
- [45] 王经波, 郑利林, 郭宇菲, 等. 鄱阳湖湿地土壤有机碳空间分布及其影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(4): 915-926.
- Wang J B, Zheng L L, Guo Y F, et al. Spatial distribution of soil organic carbon and its influencing factors in Poyang Lake wetland[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(4): 915-926.
- [46] 虞舟鲁, 邱乐丰, 林霖. 土地利用方式变化对农业土壤有机碳空间分布的影响[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(5): 806-811.
- Yu Z L, Qiu L F, Lin L. Influence of land use changes on soil organic carbon distribution in agricultural soils[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2017, 29(5): 806-811.
- [47] 黎英华, 姚云峰, 秦富仓, 等. 不同类型土壤的有机碳密度特征[J]. 干旱区研究, 2016, 33(3): 455-460.
- Li Y H, Yao Y F, Qin F C, et al. Distribution of different types of soil organic carbon density[J]. Arid Zone Research, 2016, 33(3): 455-460.
- [48] 吕文强, 周传艳, 闫俊华, 等. 贵州省主要森林类型土壤有机碳密度特征及其影响因素[J]. 地球与环境, 2016, 44(2): 147-153.
- Lyu W Q, Zhou C Y, Yan J H, et al. Soil organic carbon density and its influencing factors for the forest region of Guizhou Province, China[J]. Earth and Environment, 2016, 44(2): 147-153.
- [49] 袁芳, 赵小敏, 乐丽红, 等. 江西省表层土壤有机碳库储量估算与空间分布特征[J]. 生态环境, 2008, 17(1): 268-272.
- Yuan F, Zhao X M, Le L H, et al. Organic carbon reserves of topsoil and spatial distribution in Jiangxi Province[J]. Ecology and Environment, 2008, 17(1): 268-272.
- [50] 王晓, 于兵, 李继红. 土地利用和土地覆被变化对土壤有机碳密度及碳储量变化的影响——以黑龙江省大庆市为例[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(11): 76-83.
- Wang X, Yu B, Li J H. Effects of land use and land cover change on soil organic carbon density and carbon storage—A case study of Daqing, Heilongjiang Province[J]. Journal Northeast Forestry University, 2021, 49(11): 76-83.
- [51] 涂夏明, 周家茂, 曹马骥, 等. 黄土高原不同土地利用类型有机碳和黑碳的储量及意义[J]. 地球环境学报, 2017, 8(1): 65-71.
- Tu X M, Zhou J M, Cao J J, et al. Implication and storage of soil organic carbon and black carbon in different land use types in the topsoil of Loess Plateau[J]. Journal of Earth Environment, 2017, 8(1): 65-71.
- [52] 原一荃, 王繁. 杭州湾南岸围垦区土壤有机碳空间分布特征及其影响因素[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(2): 285-287, 296.
- Yuan Y Q, Wang F. Spatial distribution characteristics and influencing factors of soil organic carbon in the reclamation area on the South Bank of Hangzhou Bay[J]. Zhejiang Agricultural Science, 2016, 57(2): 285-287, 296.
- [53] 张青青, 张桂莲, 伍海兵, 等. 城市森林土壤有机碳密度及影响因子变化研究[J]. 生态科学, 2022, 41(2): 204-210.
- Zhang Q Q, Zhang G L, Wu H B, et al. Study on changes of soil organic carbon density and influencing factors in urban forest[J]. Ecological Science, 2022, 41(2): 204-210.
- [54] 郭晓伟, 骆土寿, 李意德, 等. 海南尖峰岭热带山地雨林土壤有机碳密度空间分布特征[J]. 生态学报, 2015, 35(23): 7878-7886.
- Guo X W, Luo T S, Li Y D, et al. Spatial distribution characteristics of soil organic carbon density in a tropical mountain rainforest of Jianfengling, Hainan Island, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(23): 7878-7886.
- [55] 代杰瑞, 庞绪贵, 曾宪东, 等. 山东省土壤有机碳密度的空间分布特征及其影响因素[J]. 环境科学研究, 2015, 28(9): 1449-1458.
- Dai J R, Pang X G, Zeng X D, et al. Soil carbon density and distribution and influencing factors in Shandong Province[J]. Research of Environmental Sciences, 2015, 28(9): 1449-1458.
- [56] 青海省农业资源区划办公室. 青海土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- Qinghai Agricultural Resources Regionalization Office. Qinghai soil[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [57] 王文俊. 福建省土壤有机碳储量估算、时空分布特征及其影响因素[J]. 现代地质, 2019, 33(6): 1295-1305.
- Wang W J. Reserve estimation, spatiotemporal distribution and its influencing factors of soil organic carbon in Fujian Province, China[J]. Geoscience, 2019, 33(6): 1295-1305.
- [58] 张亚峰, 姚振, 马强, 等. 青藏高原北缘土壤碳库和碳汇潜力研究[J]. 地球科学进展, 2018, 33(2): 206-212.
- Zhang Y F, Yao Z, Ma Q, et al. Study on the soil carbon pool and potential capacity of carbon sequestration in the northern Tibetan Plateau[J]. Advances in Earth Science, 2018, 33(2): 206-212.
- [58] 田耀武, 贺春玲, 刘龙昌, 等. 退耕草地土壤有机碳密度的空间分布及动态变化[J]. 草业学报, 2016, 25(8): 48-55.
- Tian Y W, He C L, Liu L C, et al. Changes in the spatial distribution and dynamics of soil organic carbon density in grasslands converted from farmland[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2016, 25(8): 48-55.
- [60] 卫玮, 党坤良. 秦岭南坡林地土壤有机碳密度空间分异特征[J]. 林业科学, 2019, 55(5): 11-19.
- Wei W, Dang K L. Spatial variation of the density of soil organic carbon in forest land on the southern slope of Qinling Mountains[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2019, 55(5): 11-19.

Density and spatial distribution of organic carbon in the topsoil of eastern Qinghai

LIU Qing-Yu¹, MA Ying¹, CHENG Li², SHEN Xiao¹, ZHANG Ya-Feng¹,
MIAO Guo-Wen¹, HUANG Qiang¹, HAN Si-Qi¹

(1. The Fifth Geological Exploration Institute of Qinghai Province, Xining 810099, China; 2. Qinghai Geology and Mineral Testing Application Center, Xining 810000, China)

Abstract: This study integrated the data of both the multi-purpose regional geochemical survey and land quality geochemical survey covering an area of 33 092 km² in eastern Qinghai. Based on these data, the total organic carbon storage of topsoil in the study area was estimated to be 171.16 Mt, with an average organic carbon density of 5 172.14 t/km². Moreover, this study analyzed the spatial distribution and main influencing factors of organic carbon in topsoil. As indicated by the results, the average density of organic carbon in topsoil is significantly high in high and middle-low mountains, grassland and meadow soils, soil parent materials of eluvial-slope deposits, forest grasslands, and alpine sparse vegetation areas, grassland and forest and is the lowest in deserts, aeolian sandy soil, and soil parent material areas of aeolian sands. This finding means that factors including topography (altitude), soil parent materials, climate, and vegetation affect the density and distribution of organic carbon in topsoil. Compared with the organic carbon storage revealed by the second general detailed soil survey in Qinghai, 53.21 Mt of organic carbon has been released from the topsoil of eastern Qinghai in the past 20 years. This result indicates that the soil organic carbon has decreased to a certain extent under the influence of human production activities such as long-term cultivation, overcutting, and overgrazing.

Key words: soil organic carbon density; distribution characteristics; topsoil; soil type; eastern Qinghai

(本文编辑:蒋实)