

青海湖高寒湿地土壤有机碳含量变化特征分析^①

曹生奎^{1,2}, 曹广超^{1,2}, 陈克龙^{1,2*}, 朱锦福^{1,2}, 陈亮³, 卢宝梁¹

(1 青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁 810008; 2 青藏高原资源与环境教育部重点实验室, 青海师范大学, 西宁 810008;

3 中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘 要: 选取环青海湖高寒湿地土壤为研究对象, 对不同深度土壤有机碳含量的变化特征和不同植被类型土壤有机碳含量的分布差异进行了研究。结果显示, 环青海湖区土壤有机碳 0 ~ 10 cm 表层含量最高, 均值为 28.2 g/kg, 随着土层深度的加深其含量逐渐降低。10 ~ 20、20 ~ 30 和 30 ~ 40 cm 土层的有机碳平均含量依次为 20.1、16.3 和 12.1 g/kg; 整个研究区 0 ~ 40 cm 土壤有机碳平均含量仅为 19.2 g/kg。不同植被类型下土壤有机碳含量的垂直分布总体可分为两种类型: 一是由高到低的递减变化; 二是低-高-低型。不同植被类型的土壤有机碳含量依据均值间差异可以分为两组: 华扁穗、紫花针茅和芨芨草 3 个植被类型为一组; 垂穗披肩草、矮嵩草草甸和冰草为一组; 前者植被类型土壤有机碳平均较后者要低, 其平均含量分别为 16.6、16.8、19.5、21.6、27.3 和 27.1 g/kg。

关键词: 青海湖; 土壤有机碳; 特征; 全球变化

中图分类号: K903

土壤有机碳库是陆地生态系统碳库的主要组成部分, 全球土壤有机碳贮量约为 1 500 Pg^[1], 是大气碳库的 2 倍, 陆地植被碳库的 2 ~ 4 倍^[2]。有机碳是土壤物质循环的主要中间环节, 在碳素循环中更具有重要作用, 它是大气中 CO₂ 的主要来源, 并且也是受气候和大气 CO₂ 浓度变化影响的碳库^[3-4]。国内外学者已开展了有关土壤有机碳储量、分布、迁移、转化与平衡及其影响因素等的大量研究工作, 取得了丰硕成果^[3-8]。由于土壤碳循环过程受气候和生物多种因素的控制, 所以它也随着自然植被、气候、土壤类型、地形、土壤理化特征、土地利用方式以及其管理方式而变化^[3,8-11], 且这些因素间的相互作用对土壤有机碳的动态变化至关重要。不同植被条件下土壤有机碳含量有很大变化, 一般是草甸和森林最高, 灌木和农田次之, 第三是草原, 最低是荒漠^[12]。不同区域引起土壤有机碳含量变化的主导因素各有不同。如栾文楼等^[13]认为水分含量、土壤母质和质地是影响河北平原土壤有机碳含量变化的主要因素; 张文菊等^[14]认为湿地有机碳积累主要与水分因子的限制作用、植被类型及其净生产力有关; 通常植被破坏导致土壤有机碳流失, 植被恢复有利于土壤碳的积累^[15-16]。目前

对青藏高原土壤有机碳的研究主要是针对草地生态系统方面的^[6,17-18], 在高寒地区由于其特殊的气候条件, 影响有机碳含量的因素有可能不同于其他地区, 如李晓明等^[19]报道青藏铁路沿线土壤有机碳含量主要受土壤 pH 值和植被盖度的影响。但目前研究主要集中于表层, 对 20 cm 以下深层土壤有机碳变化的研究较少。

青海湖作为青藏高原的重要组成部分, 位于青南高原高寒区、西北干旱区和东部季风区三大自然区的交汇处^[20], 它不仅具有复杂多样的景观类型, 更在于其重要的生态地位。它是维系青藏高原东北部生态安全的重要水体, 是控制西部荒漠化向东蔓延的天然屏障^[21], 也是青藏高原生物多样性最丰富的基因库。然而, 近几十年来, 由于自然环境变化和人为活动影响, 青海湖高寒湿地出现了湖泊水位明显下降、湿地面积减少、湖区沙漠化趋势加剧等一系列的生态环境问题^[21-24]。这些势必会使青海湖土壤的碳循环过程发生强烈的变化。那么, 目前青海湖地区土壤有机碳含量到底有多高? 不同植被类型间土壤有机碳含量有何差异? 由于对该区域土壤碳循环研究还很薄弱, 对这些科学问题仍不清楚。因此, 本文选取环青海湖区

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260130, 41261020)、国家社科基金项目(10CJY015)、教育部重点项目(2012178)、中科院“西部之光”项目和青海师范大学科技创新项目资助。

* 通讯作者(ckl7813@163.com)

作者简介: 曹生奎(1979—), 男, 青海西宁人, 博士, 副教授, 主要从事生态环境变化及陆地生态系统碳循环方面的研究。E-mail: caoshengkui@163.com

湿地土壤为研究对象,对其土壤有机碳特征进行研究,主要研究: 土壤有机碳含量的统计特征; 不同植被类型土壤有机碳含量的分布差异。通过上述内容揭示环青海湖区土壤有机碳含量的变化特征,为青藏高原高寒湖泊湿地土壤有机碳的估算提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

青海湖是我国最大的内陆封闭湖,湖水面积近 4 300 km²,流域面积约 29 660 km²,介于 97°50′~101°20′E,36°15′~38°20′N 之间(图 1),东西长 106 km,南北宽 63 km,周长约 360 km,湖水面积 4 282.3 km²,水面海拔 3 191.59 m^[21]。研究区属典型的高原大陆性气候,以干旱、寒冷、多风为主要特征。环青海湖区 1958—2008 年多年气温平均值为 -3.08℃,多年平均降水量为 379.09 mm。降水量分布特点为湖心向湖周山区递增,5—9 月降水量占全年的 85%~89%;降水量年际变化较小,多年平均蒸发量约 800~1 100 mm^[24]。环湖区主要土壤类型有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、灰褐土、黑钙土、栗钙土、沼泽土、风沙土等^[25]。植被类型以芨芨草(*Achnatherum splendens*)、华扁穗(*Blysmus incompressus*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、垂穗披肩草(*Elymus nutans*)、矮

蒿草(*Kobresia humilis*)和冰草(*Agropyron cristatum*)等为主。环青海湖地区的主要牧场是温性草原和高寒草甸,其生产以畜牧业为主,但由于人均可利用草地面积较低,草地超载,过度放牧,已引起草地退化、沙化、水土流失等生态环境问题。它又是青海省目前最大的旅游景区和王牌景区,近年来景区游客接待数量屡创新高,已成为闻名中外的国家 5A 级风景名胜区。

1.2 土壤样品采集及分析

在 2010 年 8 月,根据环绕青海湖区不同植被类型和地点随机选择采样点,在每个采样点用直径 5 cm 的土钻在 5 m×5 m 的样方内随机钻取 0~40 cm 深度(采样间隔为 10 cm)的 5 个土壤样品,然后混合为 1 个样品装入土壤布袋,共取土壤剖面 67 个,268 个土壤样品。采集的所有土壤样品带回实验室后经自然风干、除杂后,放入烘箱中烘至恒重,研磨后过 200 目筛,样品密封保存并贴好标签备用。用重铬酸钾容量-外加热法测定土壤有机碳的含量^[26]。

1.3 数据分析

(1) 对不同深度和不同植被类型土壤有机碳含量进行描述性统计分析,如均值、方差(SD)、变异系数(CV)、最小值、最大值;并使用单样本 Kolmogorov-Smirnov (KS) 检验数据是否服从正态分布并画出直方图。

(2) 用深度和植被类型作为因素,对研究区的土壤有机碳含量检查其差异性,结果显示,环青海湖区

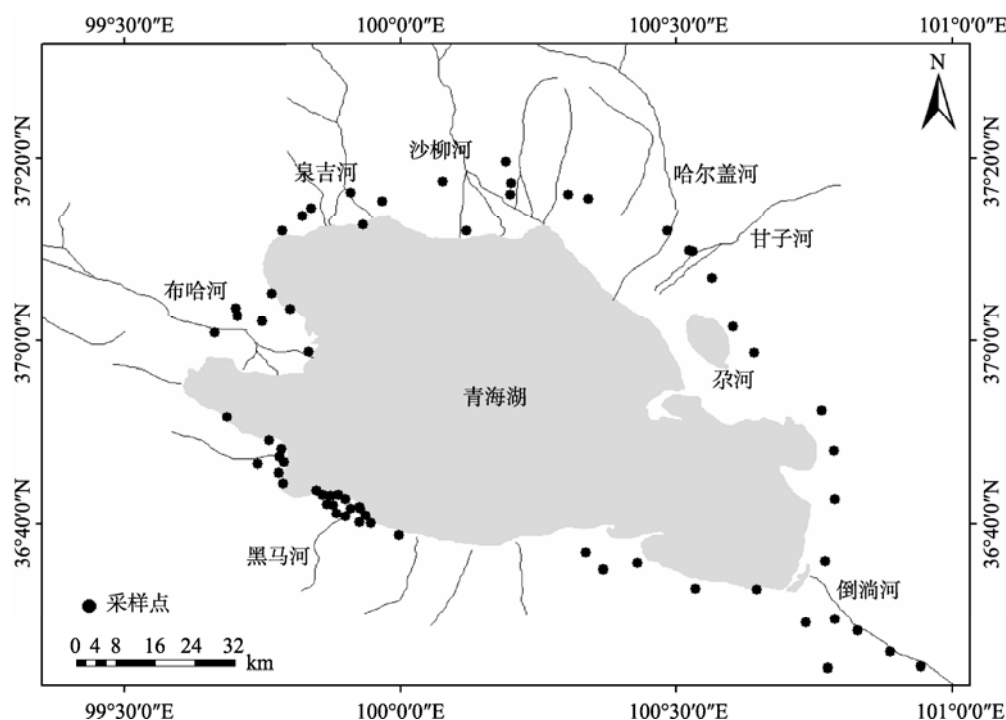


图 1 研究区概况及采样点分布
Fig. 1 Sketch of studying area and sampling plots

土壤有机碳含量在不同深度和不同植被类型间均存在显著差异(表 1), 需对不同深度和不同植被类型的土壤有机碳含量进行进一步分析。

(3) 以深度或者植被类型作为因素, 用单因素方差分析检验在不同深度或者植被类型下的土壤有机碳含量的差异, 用 Tukey 检验法进行检验; 以上所有统计分析均在 SPSS14.0 软件中完成。

表 1 环青海湖区土壤有机碳含量的双因素方差分析
Table 1 Two-factor variance analyses of soil organic carbon content around Qinghai Lake

源	III 型平方和	自由度	均方	F	Sig.
校正模型	132.664 ^①	2	66.332	59.272	0.000
截距	461.371	1	461.371	412.267	0.000
植被类型×深度	42.305	1	42.305	37.802	0.000
深度	132.663	1	132.663	118.544	0.000
误差	296.563	265	1.119		
总计	1 412.580	268			
校正的总计	429.227	267			

注: $R^2 = 0.309$ (调整 $R^2 = 0.304$)。

2 结果与分析

2.1 统计特征及正态分布检验

为了解环青海湖区土壤有机碳含量的一般特征, 对研究区不同深度的土壤有机碳含量进行了描述性统计分析(表 2)。结果显示, 土壤有机碳 0 ~ 10 cm 表层含量最高, 有机碳含量在 0.6 ~ 70.7 g/kg 间变化, 均值为 28.2 g/kg, 在 0 ~ 40 cm 土层内随着土层深度的加深土壤有机碳含量逐渐降低。10 ~ 20、20 ~ 30 和 30 ~ 40 cm 土层的有机碳含量变化范围分别为 0.3 ~ 41.9、2.1 ~ 49.3 和 0.5 ~ 47.0 g/kg, 平均值依次为 20.1、16.3 和 12.1 g/kg。对所得数据进行方差分析, 0 ~ 10 cm 土层土壤有机碳含量与其他各层之间有显著差异($P < 0.05$), 但 10 ~ 20 cm 和 20 ~ 30 cm 土层有机碳含量没有显著差异($P > 0.05$)。整个研究区 0 ~ 40 cm 土壤有机碳平均含量仅为 19.2 g/kg(表 2)。

环青海湖区 0 ~ 40 cm 不同土层有机碳含量的变异系数在 0.51% ~ 0.75% 间变化, 整个研究区的平均变异系数为 0.66%(表 2)。通过不同土层有机碳含量单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验(表 2)表明研究区不同深度土层有机碳含量符合正态分布, 完全满足地统计学要求, 可直接用于变异函数分析, 不同土层土壤有机碳含量的正态分布直方图如图 2 所示。

2.2 不同植被类型土壤有机碳含量的差异

环青海湖区植被类型调查表明, 在环青海湖区主要存在华扁穗、紫花针茅、芨芨草、垂穗披肩草、矮嵩草草甸和冰草 6 个植被类型。不同植被类型下土壤有机碳含量的垂直分布各不相同(图 3)。总体可分为两种类型: 由高到低的递减变化。华扁穗、紫花针茅、芨芨草、垂穗披肩草和矮嵩草草甸 5 个植被类型土壤有机碳的垂直分布均属此类。这 5 类植被类型的土壤有机碳含量在表层 0 ~ 10 cm 土层最高, 随土层加厚有机碳含量呈现递减趋势, 在 30 ~ 40 cm 层出现有机碳低值; 低-高-低型, 冰草植被类型就属此类。它的特点是在 0 ~ 20 cm 范围内, 随着土层的加厚, 土壤有机碳含量逐渐增加, 20 ~ 40 cm 范围内, 随着土层加厚, 土壤有机碳含量逐渐减小。

另外, 研究区不同植被类型间土壤有机碳含量的方差分析表明, 不同植被类型土壤有机碳含量也不尽相同。6 个植被类型的土壤有机碳含量依据均值间的差异可以分为两组: 华扁穗、紫花针茅和芨芨草 3 个植被类型为一组; 垂穗披肩草、矮嵩草草甸和冰草为一组; 两组之间其土壤有机碳平均含量存在显著差异($P < 0.05$), 组内植被类型间没有显著差异($P > 0.05$)。其中, 华扁穗、紫花针茅和芨芨草 3 个植被类型土壤有机碳含量较低, 其含量变化范围依次为 0.5 ~ 70.7、0.3 ~ 38.9 和 1.1 ~ 48.2 g/kg; 平均含量分别为 16.6、16.8 和 19.5 g/kg。垂穗披肩草、矮嵩草草甸和冰草 3 个植被类型土壤有机碳含量比前一组植被类型的要稍高, 变化范围依次为 5.7 ~ 41.9、11.2 ~ 55.5 和 2.4 ~ 49.3 g/kg, 其均值依次为 21.6、27.3 和 27.1 g/kg。

表 2 环青海湖区土壤有机碳含量的描述性统计分析
Table 2 Descriptive statistics of soil organic carbon content around the Qinghai Lake

土层(cm)	样本数	均值(g/kg)	标准差	最小值(g/kg)	最大值 g/kg)	偏度	峰度	变异系数(%)	K-S _{sig.}
0 ~ 10	67	28.2a	15.6	0.6	70.7	0.38	0.25	0.55	0.86
10 ~ 20	67	20.1b	10.3	0.3	41.9	0.14	-0.59	0.51	0.96
20 ~ 30	67	16.3b	8.7	2.1	49.3	1.07	2.23	0.53	0.61
30 ~ 40	67	12.1c	9.1	0.5	47.0	1.90	5.09	0.75	0.10
均值(0 ~ 40)	268	19.2	12.7	0.3	70.7	0.87	1.75	0.66	

注: 同列数据小写字母不同表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平。

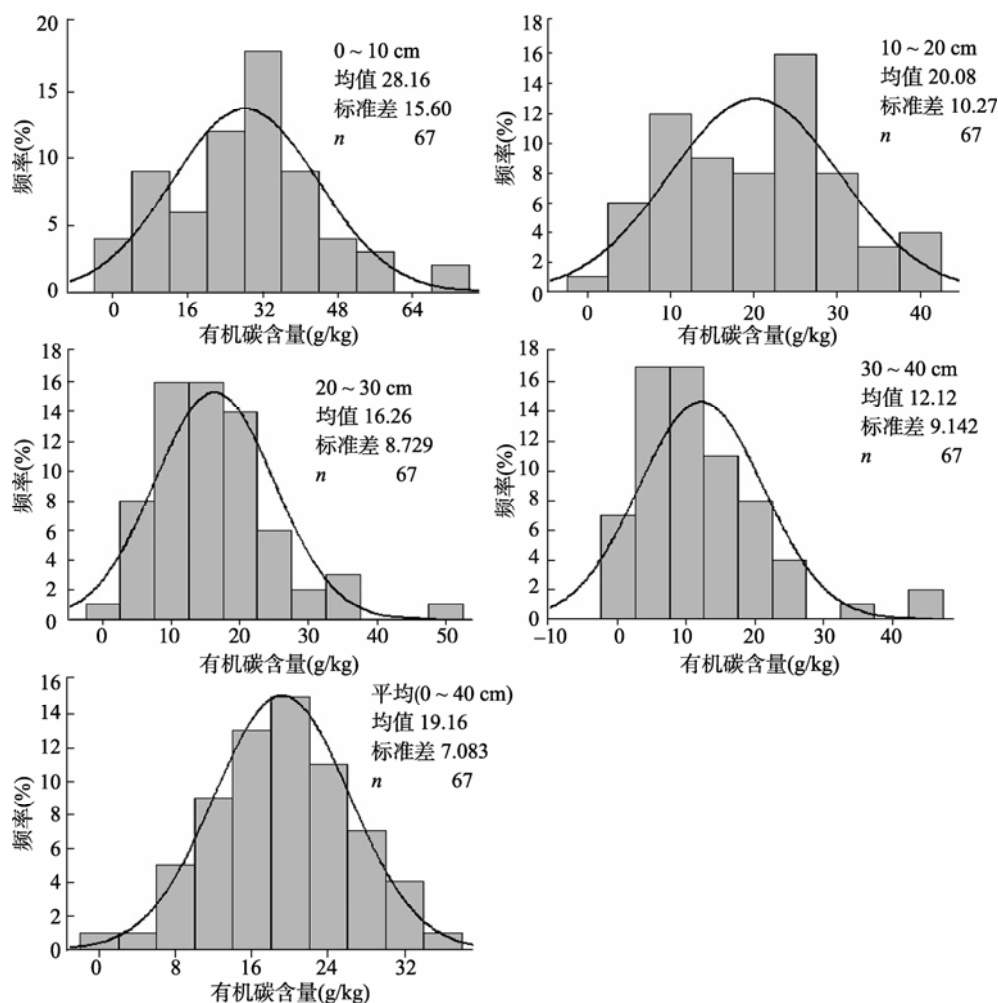


图2 环青海湖区不同深度土壤有机碳的直方图

Fig. 2 Histograms of soil organic carbon content under different depths around the Qinghai Lake

3 讨论

土壤有机碳含量是表现土壤实体存储有机碳素现实水平的数量指标。对环青海湖区不同深度土层土壤有机碳含量进行的描述性统计结果说明研究区土壤0~40 cm有机碳含量均值为19.2 g/kg,与青藏高原若尔盖高原泥炭土和草甸沼泽土(均值分别为50.5, 255.0 g/kg)^[27]相比显著较低,高于青藏高原样带草原土壤有机碳的平均含量^[28]和同纬度黄土高原草地0~40 cm土层的有机碳平均含量(13.2 g/kg)^[29],与青藏高原样带草甸土^[28]的有机碳平均含量接近。上述比较说明土壤有机碳含量与局部地区的气候因子有直接关系。据田玉强等^[28]对青藏高原样带土壤有机碳的研究结果,影响0~30 cm表层土壤有机碳含量分布的主导因子是降水。若尔盖高原位于本研究区南部,其降水丰富(年降水650~750 mm)^[27],植物生物量较大,土壤有机质含量较高,而高寒草原和草甸位于半干旱和

半湿润气候区,降水量与本研究区接近,低温成为土壤有机碳的主要限制因子;对处于中温带半干旱气候区的黄土高原草地,黄土母质上发育的次生土壤其本身有机质含量很低,从而导致它的有机碳含量很低。

土壤剖面上有机碳含量主要受地上植物枯枝落叶、植物根系的分布影响。随深度增加,地表植物根系生物量在土壤中的含量降低,植被根系分布比土壤有机碳分布要浅^[30]。环青海湖区隶属于全球气候变化的敏感区和生态系统的典型脆弱区,高寒低温的气候条件导致植被生长季明显较短,以一年生的草本植物占主导,其生物量本身就很低。这种境况下最终导致植被凋落物较多地积累在表层土壤,植物地下根系主要集中分布在0~10 cm处,且有机物在该层分解转化活跃,从而形成了较高的土壤有机碳。随着深度加深,土壤有机物含量降低导致有机碳含量显著降低,这与彭佩钦等^[31]、刘景双等^[32]、张文菊等^[14]的研究结果一致。

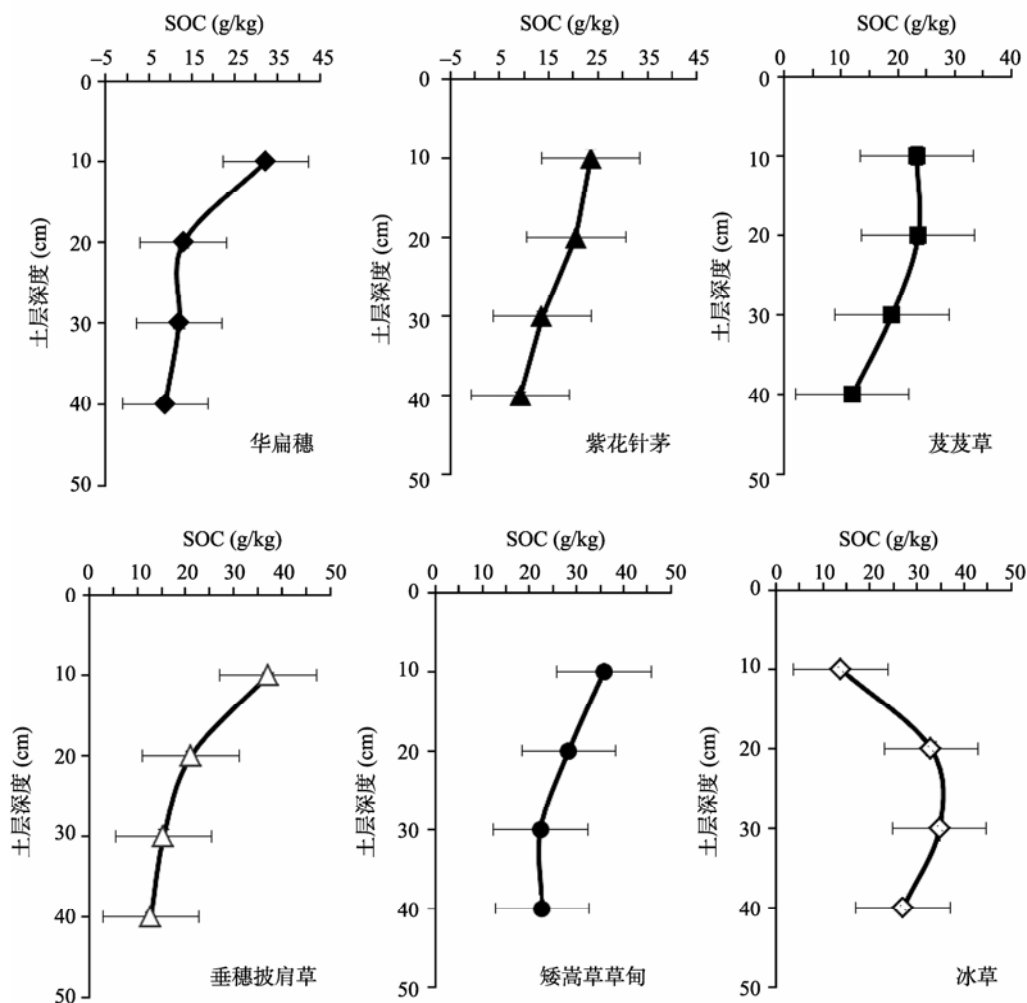


图 3 环青海湖区不同植被类型土壤有机碳的垂直分布

Fig. 3 Vertical distributions of SOC content in different communities around the Qinghai Lake

土壤是一个时空连续的变异体,具有高度的空间异质性^[33]。变异系数(CV)可以提供土壤异质性的信息,雷志栋等^[34]根据变异系数对土壤空间变异性的划分, $CV < 0.1$ 为弱变异性, $CV = 0.1 \sim 1.0$,为中等变异性; $CV > 1.0$,为强变异性。在本研究中,环青海湖区 0~40 cm 不同土层有机碳含量的变异系数在 0.51~0.75 间变化,整个研究区土壤有机碳的平均变异系数为 0.66,说明环青海湖土壤有机碳含量变化属中等变异。

综合不同植被类型土壤剖面有机碳的变化特征可知,除冰草植被类型在 0~20 cm 深度随土层加厚,土壤有机碳含量逐渐增加,而后随深度加深其含量逐渐减小外,其他植被类型土壤有机碳含量均是表层具有较高的有机碳含量,且随深度加深而减小。这主要是由于冰草植被类型其根系等地下生物量在 10~20 cm 深度达到最大,有机质含量最高,导致在该深度有机碳含量达到最大;其他植被类型的地下生物量

最大值均出现在 0~10 cm 土层内,并随深度逐渐减小,导致其有机碳含量也从表层到 40 cm 深度由高到低递减。不同植被类型土壤有机碳平均含量间的差异说明,在环青海湖区矮嵩草草甸和冰草植被类型有最高的土壤有机碳含量,其次为垂穗披肩草和芨芨草植被类型,最后为华扁穗和紫花针茅植被类型。植被类型间土壤有机碳含量的这种变化特征与其地下生物量有关。植被类型土壤有机碳含量与地下生物量间的回归分析显示两者呈显著正相关关系,且表现为多项式关系($y = 0.1085x^2 - 0.3183x + 0.3852$, $R^2 = 0.39$, $P < 0.01$, 数据没有列出)。这说明环青海湖区植物地下生物量是土壤有机碳含量的决定因素之一。另外,需要注意的是,植被类型间整个剖面土壤有机碳平均含量的差异可能还与取样植被类型的数量有关,因为在 6 个不同植被类型中,华扁穗植被类型的取样数最多,而冰草的取样数最少。因此,还需对其他植被类型进行进一步的取样和调查,从而证明上述观点的准

确性。

4 结论

(1) 环青海湖区土壤有机碳含量在 0 ~ 10 cm 表层最高, 随着土层深度的加深其含量逐渐降低; 整个研究区 0 ~ 40 cm 土壤有机碳平均含量仅为 19.2 g/kg, 与其他地区土壤有机碳含量相比, 其有机碳含量明显较低, 这主要是高寒低温的区域气候环境所导致的。

(2) 不同植被类型土壤剖面有机碳的变化特征显示, 除冰草植被类型在 0 ~ 20 cm 深度随土层加厚, 土壤有机碳含量逐渐增加, 而后随深度加深其含量逐渐减小外, 其他植被类型土壤有机碳含量均是表层具有最高的有机碳含量, 且随深度加深而减小。

(3) 在环青海湖区不同植被类型间, 矮嵩草甸和冰草植被类型有最高的土壤有机碳含量, 其次为垂穗披肩草和芨芨草植被类型, 最后为华扁穗和紫花针茅植被类型, 这主要与不同植被类型的地下生物量有关。

参考文献:

- [1] Batjes NH. Total carbon and nitrogen in the soils of the world[J]. *European Journal of Soil Science*, 1996, 47: 151-163
- [2] Lal R. World soils and the greenhouse effect[J]. *IGBP Global Change News Letter*, 1999, 37: 4-5
- [3] 展争艳, 李小刚, 张德罡, 王哲锋. 利用方式对高寒牧区土壤有机碳含量及土壤结构性质的影响[J]. *土壤学报*, 2005, 42(5): 777-782
- [4] Li ZP, Han FX, Su Y, Zhang TL, Sun B, Monts DL, Plodinec MJ. Assessment of soil organic and carbonate carbon storage in China[J]. *Geoderma*, 2007, 138(1/2): 119-126
- [5] Wu HB, Guo ZT, Gao Q, Peng CH. Distribution of soil inorganic carbon storage and its changes due to agricultural land use activity in China[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009, 129(4): 413-421
- [6] Yang YH, Fang JY, Ji CJ, Ma WH, Su SS, Tang ZY. Soil inorganic carbon stock in the Tibetan alpine grasslands[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2010, 24, GB4022
- [7] Yu Y, Guo Z, Wu H, Kahmann JA, Oldfield F. Spatial changes in soil organic carbon density and storage of cultivated soils in China from 1980 to 2000[J]. *Global Biogeochemistry Cycles*, 2009, 23, GB2021
- [8] 周涛, 史培军, 王绍强. 气候变化及人类活动对中国土壤有机碳储量的影响[J]. *地理学报*, 2003, 58(5): 727-734
- [9] 祖元刚, 李摇冉, 王文杰, 苏冬雪, 王摇莹, 邱摇岭. 我国东北土壤有机碳、无机碳含量与土壤理化性质的相关性[J]. *生态学报*, 2011, 31(18): 5 207-5 216
- [10] 陈朝, 吕昌河, 范兰, 武红. 土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展[J]. *生态学报*, 2011, 31(18): 5 358-5 371
- [11] 马少杰, 李正才, 周本智, 格日乐图, 孔维健, 安艳飞. 北亚热带天然次生林群落演替对土壤有机碳的影响[J]. *林业科学研究*, 2010, 23(6): 845-849
- [12] 解宪丽, 孙波, 周慧珍, 李忠佩. 不同植被下中国土壤有机碳的储量与影响因子[J]. *土壤学报*, 2004, 41(5): 687-699
- [13] 栾文楼, 宋泽峰, 李随民, 崔邢涛. 河北平原土壤有机碳含量的变化[J]. *地质学报*, 2011, 85(9): 1 528-1 535
- [14] 张文菊, 吴金水, 肖和艾, 童成立. 三江平原典型湿地剖面有机碳分布特征与积累现状[J]. *地球科学进展*, 2004, 19(4): 558-563
- [15] Post WM, Kwon WM. Soil carbon sequestration and land use change: Processes and potential[J]. *Global Change Biology*, 2000, 6: 317-327
- [16] 郭文义, 郭胜利. 天然次生林与人工林对黄土丘陵沟壑区深层土壤有机碳氮的影响[J]. *生态学报*, 2010, 30(10): 2 611-2 620
- [17] 张宪洲, 石培礼, 刘允芬, 欧阳华. 青藏高原高寒草原生态系统土壤 CO₂ 排放及其碳平衡[J]. *中国科学(D 辑): 地球科学*, 2004, 34(增刊): 193-199
- [18] Yang YH, Mohammad A, Feng JM, Zhou R, Fang JY. Storage, patterns and environmental controls of soil organic carbon in China[J]. *Biogeochemistry*, 2007, 84: 131-141
- [19] 李晓明, 崔明, 周金星, 方健梅. 青藏铁路沿线土壤有机碳含量变异特征分析[J]. *林业资源管理*, 2011, 5: 41-46
- [20] 郑度, 姚檀栋. 青藏高原形成演化及其环境资源效应研究进展[J]. *中国基础科学*, 2004, 6(2): 15-21
- [21] 陈克龙, 李双成, 周巧富, 朵海瑞, 陈琼. 近 25 年来青海湖流域景观结构动态变化及其对生态系统服务功能的影响[J]. *资源科学*, 2008, 30: 274-280
- [22] 冯钟葵, 李晓辉. 青海湖近 20 年水域变化及湖岸演变遥感监测研究[J]. *古地理学报*, 2006, 8(1): 131-141
- [23] 张登山, 武健伟, 鲁瑞洁, 赵延治, 陈原. 环青海湖区沙漠化综合治理规划研究[J]. *干旱区研究*, 2003, 20(4): 307-311
- [24] 董春雨, 王乃昂, 李卓仑, 杨萍. 基于水热平衡模型的青海湖水位变化趋势预测[J]. *湖泊科学*, 2009, 21(4): 587-593
- [25] 青海省地方志编纂委员会. 青海省志: (八)青海湖志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1998
- [26] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 250-380
- [27] 田应兵, 熊明彪, 熊晓山, 宋光煜. 若尔盖高原湿地土壤-植物系统有机碳的分布与流动[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(4): 490-495
- [28] 田玉强, 欧阳华, 宋明华, 牛海山, 胡启武. 青藏高原样带高寒生态系统土壤有机碳分布及其影响因子[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2007, 33(4): 443-449
- [29] 张晓霞, 李占斌, 李鹏, 种益. 黄土高原小流域不同地貌下土壤有机碳的分布特征[J]. *西安理工大学学报*, 2010, 126(3): 309-313

- [30] Jobbgy EG, Jackson RB. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10: 423–436
- [31] 彭佩钦, 张文菊, 董成立, 王小利, 蔡长安. 洞庭湖典型湿地土壤碳、氮和微生物碳、氮及其垂直分布[J]. *水土保持学报*, 2005, 19(1): 49–53
- [32] 刘景双, 杨继松, 于君宝, 王金达. 三江平原沼泽湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究[J]. *水土保持学报*, 2003, 7(3): 5–8
- [33] 高玉蓉, 许红卫. 稻田土壤养分的空间变异性研究[J]. *土壤通报*, 2005, 36(6): 822–825
- [34] 雷志栋, 杨诗秀, 许志荣, 瓦肖尔 G. 土壤特性空间变异性初步研究[J]. *水利学报*, 1985, (9): 10–21

Characteristics of Alpine Wetland Soil Organic Carbon Variations Around Qinghai Lake

CAO Sheng-kui^{1,2}, CAO Guang-chao^{1,2}, CHEN Ke-long^{1,2*}, ZHU Jing-fu^{1,2}, CHEN Liang¹, LU Bao-liang¹

(1 College of Life and Geography, Qinghai Normal University, Xining 810008, China; 2 Ministry of Education Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Environment and Resources, Qinghai Normal University, Xining 810008, China; 3 Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: This paper studied the characteristics of soil organic carbon (SOC) content variations under different depths among different communities in alpine wetland soil around the Qinghai Lake. Results showed that SOC content under the 0–10 cm layer was the highest around the Qinghai Lake area, with the mean of 28.2 g/kg, and SOC content was gradually decreased with the increase of soil depth. The average contents of SOC in 10–20, 20–30 and 30–40 cm soil layer were 20.1, 16.3 and 12.1 g/kg, respectively; the average content of soil organic carbon under 0–40 cm soil layer throughout the study area was only 19.2 g/kg. The vertical distribution of the whole SOC content under different vegetation communities could be divided into two types: first one, the decline from high to low change; second, low-high-low type. The analysis of variance between different communities of SOC content indicated that SOC content among different vegetation communities based on the difference of SOC mean content could be divided into two groups: the first group included *Blysmus sinocompressus* community, *Stipa purpurea* one and *Achnatherum splendens* one; second group was *Elymus nutans* community and *Kobresia humilis* meadow one and *Agropyron cristatum* one. SOC content in the former group community was lower on average than the latter, average SOC content in six communities were 16.6, 16.8, 19.5, 21.6, 27.3 and 27.1 g/kg, respectively.

Key words: Qinghai Lake, Soil organic carbon, Character, Global change