

DOI: 10.5846/stxb201503240557

王勇辉, 焦黎. 艾比湖湿地土壤有机碳及储量空间分布特征. 生态学报, 2016, 36(18): - .

Wang Y H, Jiao L. Study of the characteristics and storage of soil organic carbon in the Ebinur lake wetland. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(18): - .

艾比湖湿地土壤有机碳及储量空间分布特征

王勇辉, 焦 黎*

新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054

摘要: 土壤碳储量的研究是全球碳循环研究的热点, 土壤碳库的变化对全球气候变暖、维护生态平衡都有着重要的意义。新疆的艾比湖湿地是干旱区典型的盐湖湿地, 为探明该湿地有机碳特性及储量, 选择艾比湖湿地 1m 深度的土壤作为研究对象, 测试有机碳含量后, 对艾比湖湿地土壤有机碳特性进行分析并分层定量测算有机碳储量, 结果显示: (1) 艾比湖湿地土壤有机碳整体偏低, 随土层加深, 含量依次递减的规律比较显著。湿地 7 种不同植被覆盖类型的土壤有机碳含量垂直空间变异性差异明显, 其中荒漠河岸林、盐化草甸、小乔木荒漠大多属于强变异, 而其它植被覆盖的土壤类型多属于中等变异。(2) 艾比湖湿地 7 种不同植被类型土壤有机碳含量在相同土层的分布特征为: 有机碳集中分布在浅表层(0—20 cm), 从 40 cm 以下变幅缓慢, 分布较为均匀。不同植被类型土壤有机碳在不同土层的分配比例差异比较明显, 但表层(0—20cm)大多占到 30% 以上。(3) 艾比湖湿地土壤有机碳储量排序依次为小乔木荒漠>盐化草甸>干涸湖底>灌木荒漠>盐生灌丛>荒漠河岸林>寒湿性针叶林。湿地有机碳蓄积总量为 7086862.83 KgC。上述研究结果可为新疆干旱区湿地生态系统恢复、保护与科学管理提供科技支撑。

关键词: 艾比湖湿地; 土壤; 有机碳; 空间分布; 碳储量

Study of the characteristics and storage of soil organic carbon in the Ebinur lake wetland

WANG Yonghui, JIAO Li*

College of geography and tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China

Abstract: Wetlands are an integral part of the environment, and have received tremendous scientific attention, especially in the arid zone. This research plays a very important role in our understanding of the sustainable development of an ecosystem. In this study, the Ebinur Lake wetland in Xinjiang was chosen as the study area, a typical arid area in China. Field investigation, analytical chemistry, and geostatistics methods were employed to ascertain the regularity of the differentiation of the organic carbon and related components of the soil. Their formation mechanisms were discussed, and a survey of organic carbon and total nitrogen was conducted. This study not only greatly enriches theoretical research on wetlands in arid areas, but also reveals sequestration mechanisms and the carbon sequestration potential of wetland ecosystems. In addition, it furthers our understanding of the regulator function of wetlands, evaluates the potential environmental impacts of ecosystems, and provides a practical reference for the rational utilization of these ecosystems and the coordination of the relationship between environmental protection and the sustainable development of the regional economy. The main conclusions are as follows: (1) the soil organic carbon content is low, and decreases as soil layer depth increases. The analysis of the nutrient variation coefficient of the soil organic carbon shows that desert riparian forest, salt meadow, and small trees in the desert exhibited strong variability, whereas the others exhibited medium variation; (2) the distribution of the soil organic carbon from seven vegetation types shows that organic carbon was concentrated 0—20 cm below the surface.

基金项目: 国家自然科学基金(41261055, 41171036); 新疆师范大学博士启动基金(XJNUBS1523)

收稿日期: 2015-03-24; **网络出版日期:** 2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiaolixjsd@sina.com

The distribution is more uniform in the soil layer 40—100 cm deep. The allocation ratio of soil organic carbon in differs among vegetation types; however, the surface layer (0—20 cm) accounted for more than 30%. Finally, (3) the organic carbon accumulation in the Ebinur Lake wetland by landcover type is as follows: Microphanerophytes desert > saline meadow > dry lakebed > desert shrub > halophyte shrub > desert riparian forest > alpine coniferous forest. The total organic carbon accumulation of the soil is 7086862.83 KgC.

Key Words: Ebinur lake wetland; soil; organic carbon; spatial distribution; carbon storage

陆地生态系统碳循环是全球碳循环中的重要环节,在全球气候变化中扮演着重要角色^[1]。湿地是碳的储存库,碳库的变化对全球气候变暖、维护湿地生态平衡有着及其重要的意义。关于湿地碳蓄积量的研究,国外学者做了很多^[2-6]。土壤有机碳含量的估算研究主要集中在土壤上层 1m 以内的深度,这是因为土壤有机碳主要分布在上层 1m 以内^[7]。1951 年美国学者 Rubey 综合以往研究者发表的美国 9 个土壤剖面有机碳含量研究成果,推算出全球土壤有机碳存量约为 710PgC^[8]。1976 年 Bohn 利用土壤分布图及相关土壤分类的有机碳含量,估算出全球土壤碳库为 2949Gt^[9];1982 年 Bohn 又根据相对较完整的“联合国粮食与农业组织”发布的 187 个剖面土壤碳密度值,重新估算的全球土壤碳库为 2200Gt^[10]。90 年代以来国际上对全球土壤有机碳储量的研究结果集中在 1500PgC—1600PgC 之间^[11]。在研究方法方面,随着遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)技术的发展,为全球土壤碳库的研究提供了新的技术和方法^[12]。

国内关于土壤碳储量方面的研究起步于 20 世纪 80 年代,主要研究内容为土壤有机碳储量及其空间分布特征等。王绍强等 2000 年估算中国陆地土壤总有机碳库储量约为 92.4PgC,其空间分布总体上是东部地区随着纬度的增加而增加,西部地区则随着纬度的减小而增加^[13]。潘根兴 1999 年计算出中国土壤有机碳储量为 50PgC,无机碳库储量为 60PgC,主要分布在西北和华北地区^[14]。中国地质调查局于 2002 年的地质调查结果对深入研究我国陆地土壤碳库的空间分布特征、影响因素、碳循环规律、圈定我国土壤碳源碳汇区提供了重要的数据保障^[15]。近年来,也有一些学者对不同区域进行了土壤碳库的相关研究:张天琴^[16]直接调用预先建立好的数据库中的数据文件,对吉林西部县域 1996 年、2000 年、2004 年以及 2008 年四年的土壤碳储量进行估算,分析其时空变化。张立^[17]在松嫩平原南部地区范围内开展了土壤 0—1.8m 深度全碳储量的研究,结果为 26.6431 亿吨,单位面积全碳储量为 32125t/km²,测区土壤 0—1.8m 深度有机碳储量为 16.7629 亿 t,单位面积有机碳储量为 20212t/km²。Tan^[18]等对中国黄土高原不同土壤类型的无机碳蓄积量进行了研究。除了对平原区进行了碳储量的研究以外,关于湿地碳储量的研究也有很多,如黄昕琦等对内蒙古乌梁素海湿地土壤有机碳组成与碳储量进行了定量研究,结果表明沼泽化将会大大降低该湿地的碳储量^[19];马维伟等对尕斯库勒湖湿地生态系统土壤有机碳储量和碳密度分布进行了分析,结果显示尕斯库勒湖湿地 4 种类型湿地土壤的总有机碳储量约为 9.5×10^6 t^[20]。综上,国内外对碳储量进行了大量研究,仍存在如下不足,如因土壤的系统分类不一和采用的不同计算方法导致土壤碳库估算结果差异很大;对区域单元小范围地球的土壤碳储量研究相对较少,特别是对高盐湖泊湿地的研究少见报道。

新疆的艾比湖是一个典型的干旱区高盐湿地,关于该湿地的土壤理化特性研究内容比较丰富^[21-24]。然而,针对高盐湖泊湿地土壤中有机碳的赋存量、影响因素及未来发展趋势,却少有关关注。为了探寻干旱区湖泊湿地有机碳的蓄积量及固碳机制,本文在艾比湖湿地布设 107 个土壤剖面,对艾比湖不同土壤类型 1m 深度的土壤有机碳储量进行分层定量测算后统计湿地的总碳库量,为新疆干旱区湿地生态系统恢复、保护与科学管理提供科技支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

艾比湖湿地位于新疆精河县西北、准噶尔盆地西南(44°30'N—45°09'N,82°36'E—83°50'E),是这一区

域的汇水中心,主要补给河流为博尔塔拉河、精河、阿奇克苏河。西北面是著名的风口—阿拉山口,艾比湖周边年平均大风(17 m/s)日数多达 164 d,最多 185 d,瞬间最大风速 55 m/s。北侧为天山最北支阿拉套南坡,南侧为北天山西段北坡,是国内最具代表性的温带干旱区湿地荒漠生态系统,是天山北坡地区绿洲与荒漠化共同演进的中心,在调节气候、维持区域生态平衡等方面有着十分重要的作用。艾比湖所在区域干燥少雨多风,年平均气温 5℃,降水量年内分配不均匀,多年平均降水量为 105.17 mm,蒸发量为 1315 mm。区内典型地带性土壤为灰漠土、灰棕漠土和风沙土,隐域性土壤为盐(盐渍化)土、草甸土和沼泽土。

1.2 土壤样品的采集及处理

根据艾比湖湿地周边环境,按照代表性原则,在艾比湖湿地七种植被类型覆盖条件下(盐化草甸、小乔木荒漠、寒湿性针叶林、干涸湖底、盐生灌丛、荒漠河岸林、灌木荒漠)共设土壤剖面 107 个,用不锈钢螺旋土钻,采样深度 100 cm,按 0—20、20—40、40—60、60—80cm 和 80—100 cm 5 个深度分层采集土样,每层约 2 kg,带回实验室分析。采样时间为 2011、2012、2013 年 5 月,采样同时进行 GPS 定位,并详细记录采样点的植被类型、土壤类型、土地利用方式、经纬度坐标及高程等相关信息。野外采回的土样经自然风干、研磨、过筛,进行土壤理化指标的测定。

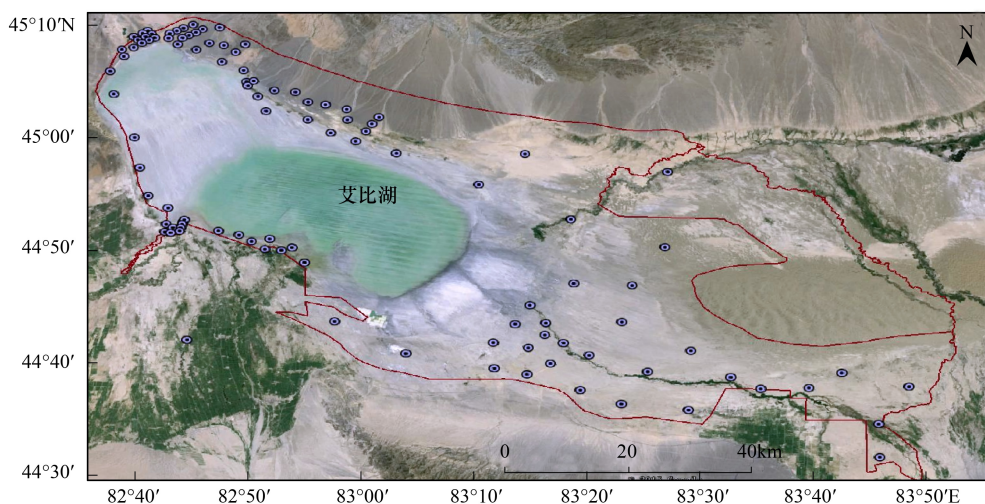


图 1 采样点分布图

Fig.1 Distribution of the soil sampling sites

1.3 样品的测定方法及数据处理

(1)有机碳测定采用重铬酸钾法。(2)利用统计软件 SPSS17.0 进行数据分析。(3)土壤有机碳密度及有机碳需计量估算方法:土壤有机碳密度是指单位面积一定深度的土层中土壤有机碳的含量,其计算公式为:

$$\text{SOC}_{Di} = C_i \rho_i H_i \times 10^{-2} \quad (1)$$

式中, SOC_{Di} 为第 i 层土壤有机碳密度 (Kg/m^2); C_i 为第 i 层土壤有机碳含量 (g/Kg); ρ_i 为第 i 层土壤容重 (g/cm^3); H_i 为剖面深度 (cm); 10^{-2} 为单位转换系数。

土壤有机碳储量 ($\text{SOC}_{\text{storage}}$) 可以用以下公式求得:

$$\text{SOC}_{\text{storage}} = S \times \text{SOC}_{\text{density}} \quad (\text{式中 } S \text{ 为研究区面积}) \quad (2)$$

2 结果与讨论

2.1 艾比湖湿地不同植被类型土壤有机碳统计特征

表 1 为七种植被类型不同土层深度有机碳统计分析,由表可以看出,荒漠河岸林土壤有机碳含量分布在 3.52—8.42 g/kg 之间,0—20 cm 土层有机碳含量的变异系数为 80.39%,属于中等变异,其他 4 层变异系数均超过了 100%,属于强变异性;盐生灌丛土壤有机碳含量处于 3.65—8.53 g/kg 之间,0—20 cm 土层有机碳含量

的变异系数为 114.06%,属于强变异,其他 4 层变异系数均介于 10%—100%之间,属于中等变异;盐化草甸土壤有机碳含量处于 37.24—57.77 g/kg 之间,该土壤类型每个土层有机碳含量的变异系数均大于 100%,属于强变异;灌木荒漠土壤有机碳含量处于 2.31—8.11 g/kg 之间,0—20 cm 土层有机碳含量的变异系数为 130.20%,属于强变异,其他 4 层变异系数均超介于 10%—100%,属于中等变异性;寒湿性针叶林土壤有机碳含量处于 3.08—11.16 g/kg 之间,0—20 cm 土层有机碳含量的变异系数为 123.20%,属于强变异,其他 4 层变异系数均超介于 10%—100%,属于中等变异性;小乔木荒漠土壤有机碳含量处于 11.93—19.44 g/kg 之间,0—80 cm 的 4 个土层有机碳含量的变异系数均大于 100%,属于强变异,80—100cm 的土层有机碳变异系数为 77.60%,属于中等变异性;干涸湖底土壤有机碳含量处于 3.82—8.75 g/kg 之间,0—100 cm 的 5 个土层有机碳含量的变异系数均介于 10%—100%,属于中等变异性。

表 1 七种植被类型不同土层深度有机碳统计分析表

Table 1 Statistical analysis of distribution of soil organic carbon in the seven types of vegetation

覆盖植被 Vegetation	土层深度/cm Soil depth	有机碳/(g/kg) SOC	最大值 Min	最小值 Min	变异系数/% CV
荒漠河岸林 Desert riparian forest	0—20	8.42	21.69	3.95	80.39
	20—40	6.67	20.52	1.51	105.00
	40—60	4.38	18.56	1.44	142.95
	60—80	3.89	15.52	1.32	132.36
	80—100	3.52	13.32	1.25	123.93
盐生灌木 Halophyte shrub	0—20	8.53	25.37	2.45	114.06
	20—40	5.78	11.00	3.47	53.40
	40—60	3.68	10.25	3.25	79.14
	60—80	3.95	8.45	3.11	56.92
	80—100	3.65	6.65	2.85	44.07
盐化草甸 Saline meadow	0—20	57.77	324.80	20.69	182.24
	20—40	49.00	320.66	17.58	221.25
	40—60	46.72	312.39	26.04	215.77
	60—80	43.19	306.18	20.69	220.73
	80—100	37.24	287.56	19.65	238.83
灌木荒漠 Desert shrub	0—20	8.11	32.07	0.80	130.20
	20—40	6.28	19.65	1.18	95.53
	40—60	5.07	18.10	1.21	95.67
	60—80	2.32	8.56	0.66	85.44
	80—100	2.31	7.55	0.55	80.39
寒湿型针叶林 Alpine coniferous forest	0—20	11.16	38.08	1.25	123.20
	20—40	7.32	13.00	1.62	62.49
	40—60	6.32	8.09	2.86	30.14
	60—80	2.72	4.73	1.23	45.67
	80—100	3.08	6.65	1.58	58.88
小乔木荒漠 Microphanerophytes desert	0—20	19.44	115.85	1.42	127.14
	20—40	14.65	86.89	0.81	128.97
	40—60	14.33	72.41	1.01	136.21
	60—80	14.89	105.51	0.65	144.25
	80—100	11.93	37.24	1.42	77.60
干涸湖底 Dry lakebed	0—20	8.75	25.16	0.95	72.40
	20—40	6.70	27.74	1.85	90.26
	40—60	6.25	11.59	2.73	46.44
	60—80	3.82	7.82	2.58	37.93
	80—100	3.87	6.85	1.87	33.41

2.2 艾比湖湿地不同植被类型土壤有机碳空间分异特征

2.2.1 艾比湖湿地不同植被类型土壤有机碳垂直分布特征

由于艾比湖湿地植被类型不同,气候因子和环境条件造成地上植被生物量积存量有差异,向地下转移的有机碳量也有区别,同时气候因子也会对地下有机碳的矿化速率产生影响,具体表现为气温在降低的条件下,有机碳矿化速率也会减小,土壤中有有机碳积累会增加。由图 2 可以看出,艾比湖湿地 7 种主要类型土壤有机碳含量垂直分异规律很明显,即随剖面深度的增加,含量依次递减,但是减少的程度有差异。其中盐化草甸覆盖下的土层自上而下,土壤有机碳含量减少的幅度最大,由 57.77 g/kg 减少到 37.24 g/kg;小乔木荒漠土壤有机碳含量变化由 19.44 g/kg 减少到 11.93 g/kg,其变化幅度较大;其它几种类型土壤有机碳含量随土层深度的增加而减少,其变化趋势基本一致,变幅不明显。在湿地表层土(0—20 cm)中,盐化草甸覆盖条件下的土壤有机碳含量最大,是其它类型土壤有机碳含量的 6—7 倍,尤其是表层土壤含量差异非常明显。20—100 cm 土层,七种类型土壤有机碳含量的差异逐渐变小。通过上述分析知道,土壤有机碳含量的差异在 0—20 cm 土层表现的最明显。

2.2.2 艾比湖湿地不同植被类型土壤有机碳含量比较

由图 3 可以看出,在 0—20 cm 土层,有机碳含量大小规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>干涸湖底>盐生灌丛>荒漠河岸林>灌木荒漠;20—40 cm 土层,有机碳含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>干涸湖底>荒漠河岸林>灌木荒漠>盐生灌丛;40—60 cm 土层,有机碳含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>干涸湖底>灌木荒漠>荒漠河岸林>盐生灌丛;60—80 cm 土层,有机碳含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>盐生灌丛>荒漠河岸林>干涸湖底>寒湿性针叶林>灌木荒漠;80—100 cm 土层,有机碳含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>干涸湖底>盐生灌丛>荒漠河岸林>寒湿性针叶林>灌木荒漠。7 种类型土壤有机碳均随土层深度的增加而减少。土壤有机碳分布规律为浅表层(0—20 cm)集中,40 cm 以下分布较为均匀,变化不显著。

由图 4 可以看出,艾比湖湿地七种类型的土壤在不同层次分配比例的差异。干涸湖底和灌木荒漠表现的特征一致,0—60 cm 的土层自上而下依次递减,在 60—80 cm,80—100 cm 分配比例相同,其中干涸湖底表层

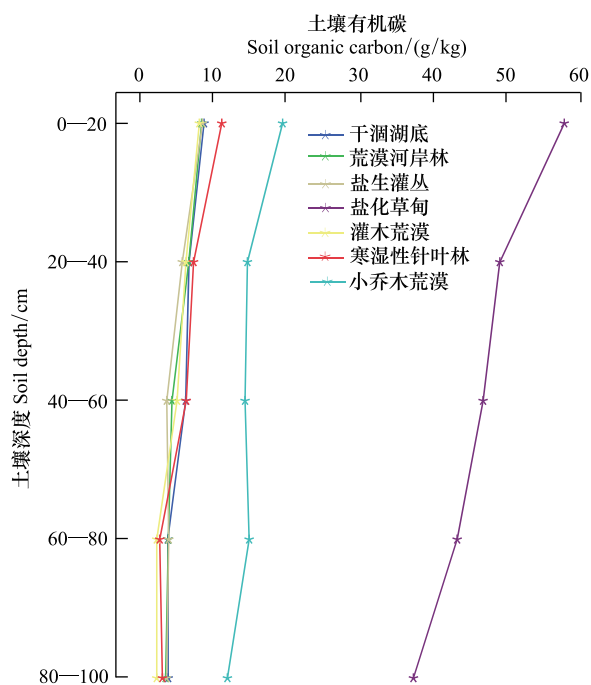


图 2 七种植被类型土壤有机碳与土壤深度的分布变化规律

Fig. 2 Distributed rules of soil organic carbon of seven types of vegetation

(0—20 cm) 占到 30%、20—40 cm 比例为 23%、40—60 cm 为 21%、60—80 cm、80—100 cm 均为 13%,灌木荒漠表层(0—20 cm)占到 34%、20—40 cm 比例为 26%、40—60 cm 为 21%、60—80 cm、80—100 cm 均为 10%;荒漠河岸林和盐化草甸土表现的特征一致,0—100 cm 的土层自上而下依次递减,其中荒漠河岸林表层(0—20 cm)占到 31%、20—40 cm 比例为 25%、40—60 cm 为 16%、60—80 cm 为 14%、80—100 cm 为 13%,盐化草甸表层(0—20 cm)占到 25%、20—40 cm 比例为 21%、40—60 cm 为 20%、60—80 cm 为 18%、80—100 cm 为 16%;盐生灌丛、寒湿性针叶林、小乔木荒漠 3 种类型的土壤表现规律各有不同,其中盐生灌丛表层(0—20 cm)占到 33%、20—40 cm 比例为 23%、40—60 cm 为 14%、60—80 cm 为 15%、80—100 cm 为 14%;寒湿性针叶林表层(0—20 cm)占到 36%、20—40 cm 比例为 24%、40—60 cm 为 21%、60—80 cm 为 9%、80—100 cm 为 10%;小乔木荒漠表层(0—20 cm)占到 26%、20—40 cm 比例为 19%、40—60 cm 为 19%、60—80 cm 为 20%、

80—100 cm 为 16%。上述分布规律表明,腐殖质的累积多在土壤浅表层,因此有机碳积累的也比较多。因为土壤有机碳库受到初级生产量的输入过程与分解过程的制约,土壤有机碳含量也会随土壤剖面深度的增加而降低^[25]。艾比湖湿地不同植被类型间土壤有机碳含量的差异主要表现在 0—20 cm 土壤层,在这一土层植物凋落物会比较多,使得土壤有机碳积累量增大。此外,植物的根系也大部分分布在土壤的浅表层,随着土层剖面加深,植物根系分布量逐渐减少,有机碳来源自然变少,有机碳含量递减,与前人的研究结果一致^[26]。通过上述分析可以看出,土壤有机碳含量在剖面上的这种分布格局,主要与地上枯落物、植物地上地下物质分配、根系深度和根生物量等诸多因素密切相关,因为土壤有机碳的主要来源有两种,即枯落物和根系分解所产生的有机碳,所以它们的变化对于土壤有机碳输入的模式、速度、质量和数量都会产生很大影响。

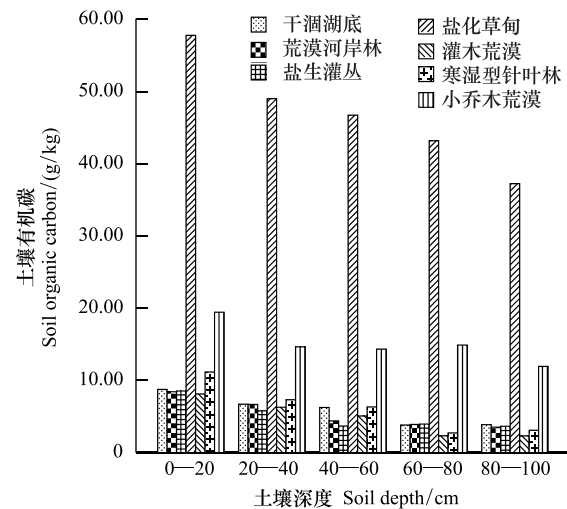


图3 七种植被类型土壤有机碳垂直分布特征

Fig.3 Vertical distribution of soil organic carbon of seven types of vegetation

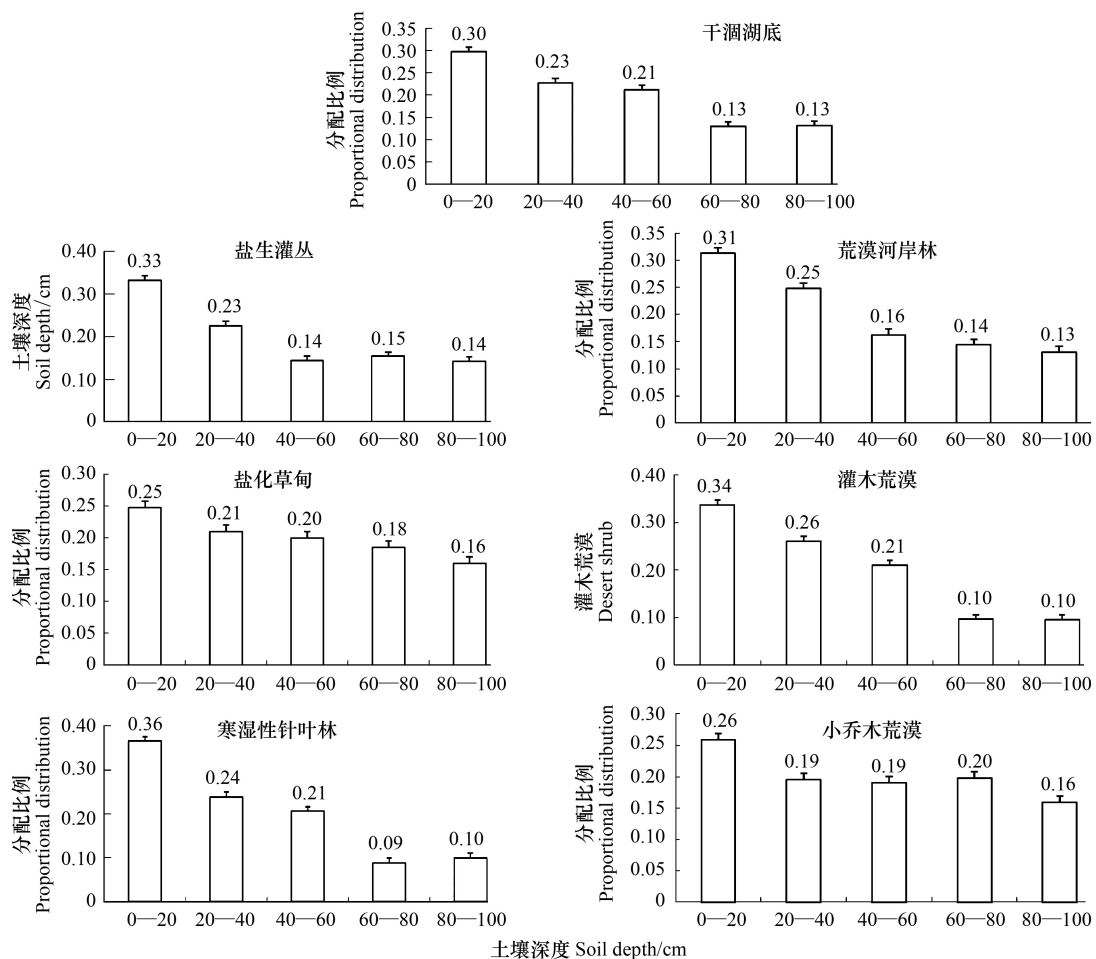


图4 七种植被类型不同层次土壤有机碳分配比例

Fig.4 Proportional distribution of soil organic carbon in different layers of seven types of vegetation

2.3 艾比湖湿地土壤有机碳密度分布特征

土壤有机碳密度被定义为单位面积一定深度土层中土壤有机碳的储量,因为排除了面积因素的影响而以土体体积为计算基础,土壤碳密度已经成为评价和衡量土壤有机碳储量的一个极其重要的指标^[27]。由图 5 可以看出,在 0—20 cm 土层,有机碳密度含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>干涸湖底>荒漠河岸林>盐生灌丛>灌木荒漠;20—40 cm 土层,有机碳密度含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>荒漠河岸林>干涸湖底>灌木荒漠>盐生灌丛;40—60 cm 土层,有机碳密度含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>干涸湖底>灌木荒漠>荒漠河岸林>盐生灌丛;60—80 cm 土层,有机碳密度含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>干涸湖底>灌木荒漠>荒漠河岸林>盐生灌丛;80—100 cm 土层,有机碳密度含量规律为盐化草甸>小乔木荒漠>寒湿性针叶林>荒漠河岸林>盐生灌丛>干涸湖底>灌木荒漠。不同土壤类型有机碳密度的变化表现出随土壤剖面深度的增加而减少的趋势。这种变化趋势的形成,主要由有机碳含量和土壤容重共同决定。此外,可能的原因还有湿地地表的植物种类变化,因地上植被复杂多样,因此土壤有机碳密度也呈现出差异性。

2.4 艾比湖湿地土壤有机碳储量估算

表 2 反映出艾比湖湿地不同植被类型覆盖条件下土壤有机碳不同土层的蓄积量。干涸湖底不同土层蓄积量区间为 43777.74—129991.39 KgC, 累计蓄积量为 387752.7 KgC, 占湿地总蓄积量为 5.47%; 荒漠河岸林不同土层蓄积量区间为 13196.55—35437.49 KgC, 累计蓄积量为 109787.5 KgC, 占湿地总蓄积量为 1.55%; 盐生灌丛不同土层蓄积量区间为 39561.67—98656.73 KgC, 累计蓄积量为 286648.3 KgC, 占湿地总蓄积量为 4.04%; 盐化草甸不同土层蓄积量区间为 284030.50—561827.18 KgC, 累计蓄积量为 2206621 KgC, 占湿地总蓄积量为 31.14%; 灌木荒漠不同土层蓄积量区间为 34080.88—111209.44 KgC, 累计蓄积量为 344856.2 KgC, 占湿地总蓄积量为 4.87%; 寒湿型针叶林不同土层蓄积量区间为 654.40—2771.11 KgC, 累计蓄积量为 7679.44 KgC, 占湿地总蓄积量为 0.11%; 小乔木荒漠不同土层蓄积量区间为 618405.40—943376.73 KgC, 累计蓄积量为 3743517 KgC, 占湿地总蓄积量为 52.82%。蓄积量排序依次小乔木荒漠>盐化草甸>干涸湖底>灌木荒漠>盐生灌丛>荒漠河岸林>寒湿性针叶林。七种不同类型土壤类型的有机碳蓄积总量为 7086862.83 KgC。从结果中可以看出,不同类型植被覆盖的土壤碳储量变化差异很大,原因可能为:植物根系的分布直接影响到土壤有机碳的垂直分布^[28],因为大量的死根腐解,为土壤提供了丰富的碳源;另一方面,地表大量的枯枝落叶也是表层土壤有机碳的重要来源^[29],导致不同层次土壤碳储量差异显著。

3 结论

(1) 艾比湖湿地 7 种不同植被覆盖类型的土壤有机碳含量垂直分布特征为:随土壤剖面深度的增加而减少,但是变化幅度不同。在表层(0—20cm),盐化草甸覆盖条件下的土壤有机碳含量最大,是其它类型土壤有机碳含量的 6—7 倍。20—100cm 土层,七种类型土壤有机碳含量的差异逐渐变小。七种不同类型土壤有机碳的垂直空间变异性差异明显,其中荒漠河岸林、盐化草甸、小乔木荒漠大多属于强变异,而其它植被覆盖的

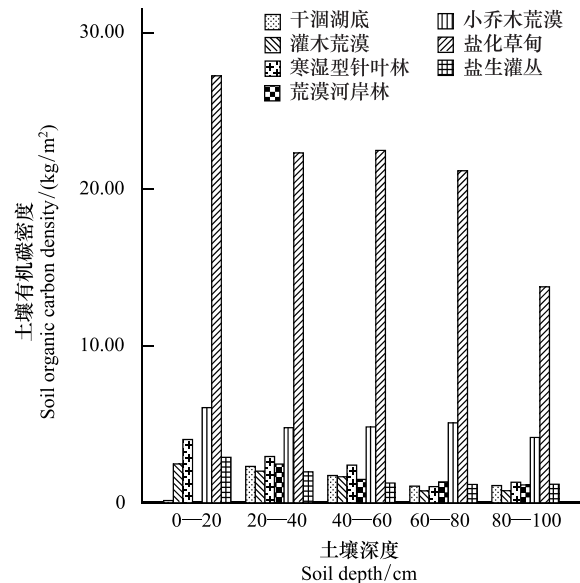


图 5 七种植被类型土壤有机碳密度垂直分布特征
Fig.5 Vertical distribution of soil organic carbon density of seven types of vegetation

土壤类型多属于中等变异。

表 2 艾比湖湿地土壤有机碳储量统计表

Table 2 Statistics of soil organic carbon storage in Ebinur lake wetland

植被类型 vegetation	土层/cm Soil depth	有机碳含量/(g/kg) SOC	容重/(g/cm ³) Bulk density	碳密度/(kg/m ²) C density	面积/hm ² Area	蓄积量/kgC Storage
干涸湖底	0—20	8.75	1.79	3.14	41464.33	129991.39
Dry lakebed	20—40	6.70	1.73	2.32	41464.33	96277.12
	40—60	6.25	1.39	1.74	41464.33	72105.20
	60—80	3.82	1.38	1.06	41464.33	43777.74
	80—100	3.87	1.42	1.10	41464.33	45601.27
荒漠河岸林	0—20	8.42	1.82	3.06	44851.19	35437.49
Desert riparian forest	20—40	6.67	1.85	2.47	44851.19	28567.47
	40—60	4.38	1.70	1.49	44851.19	17192.11
	60—80	3.89	1.71	1.33	44851.19	15393.89
	80—100	3.52	1.62	1.14	44851.19	13196.55
盐生灌丛	0—20	8.53	1.72	2.93	637.85	98656.73
Halophyte shrub	20—40	5.78	1.70	1.97	637.85	66241.78
	40—60	3.68	1.72	1.26	637.85	42555.97
	60—80	3.95	1.49	1.17	637.85	39561.67
	80—100	3.65	1.61	1.18	637.85	39632.10
盐化草甸	0—20	57.77	2.36	27.25	11571.05	561827.18
Saline meadow	20—40	49.00	2.28	22.33	11571.05	460379.24
	40—60	46.72	2.41	22.49	11571.05	463622.42
	60—80	43.19	2.45	21.19	11571.05	436761.93
	80—100	37.24	1.85	13.78	11571.05	284030.50
灌木荒漠	0—20	8.11	1.53	2.48	148134.24	111209.44
Desert shrub	20—40	6.28	1.61	2.02	148134.24	90440.61
	40—60	5.07	1.64	1.66	148134.24	74540.37
	60—80	2.32	1.64	0.76	148134.24	34080.88
	80—100	2.31	1.67	0.77	148134.24	34584.93
寒湿性针叶林	0—20	11.16	1.95	4.34	20614.47	2771.11
Alpine coniferous forest	20—40	7.32	2.02	2.95	20614.47	1883.13
	40—60	6.32	1.90	2.40	20614.47	1533.25
	60—80	2.72	1.89	1.03	20614.47	654.40
	80—100	3.08	2.13	1.31	20614.47	837.55
小乔木荒漠	0—20	19.44	1.64	6.37	33699.90	943376.73
Microphanerophytes desert	20—40	14.65	1.63	4.79	33699.90	709206.18
	40—60	14.33	1.69	4.84	33699.90	717568.44
	60—80	14.89	1.71	5.10	33699.90	754960.66
	80—100	11.93	1.75	4.17	33699.90	618405.40
总量 Total					300973.00	7086862.83

(2) 艾比湖湿地 7 种不同植被类型土壤有机碳含量在相同土层的分布特征为:每种植被覆盖条件下的有机碳均集中分布在浅表层(0—20cm),从 40 cm 以下分配比例逐渐减小。不同植被类型土壤有机碳在不同土层的分配比例差异也很明显,表层(0—20cm)多在 30%以上,碳密度分布规律与其基本一致。

(3) 艾比湖湿地土壤有机碳储量排序依次为小乔木荒漠>盐化草甸>干涸湖底>灌木荒漠>盐生灌丛>荒漠河岸林>寒湿性针叶林。七种不同类型土壤类型的有机碳蓄积总量为 7086862.83 KgC。

参考文献 (References):

- [1] Canadell J G, Mooney H A, Baldocchi D D, Berry J A, Ehleringer J R, Field C B, Gower S T, Hollinger D Y, Hunt J E, Jackson R B, Running S W, Shaver G R, Steffen W, Trumbore S E, Valentini R, Bond B Y. COMMENTARY Carbon metabolism of the terrestrial biosphere: A multitechnique approach for improved understanding. *Ecosystems*, 2000, 3(2): 115-130.
- [2] Gelaw A M, Singh B R, Lal R. Soil organic carbon and total nitrogen stocks under different land uses in a semi-arid watershed in Tigray, Northern Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2014, 188: 256-263.
- [3] Ross C W, Grunwald S, Myers D B. Spatiotemporal modeling of soil organic carbon stocks across a subtropical region. *Science of the Total Environment*, 2013, 461-462: 149-157.
- [4] Twongyirwe R, Sheil D, Majaliwa J G M, Ebanyat P, Tenywa M M, van Heist M, Kumar L. Variability of soil organic carbon stocks under different land uses: A study in an afro-montane landscape in southwestern Uganda. *Geoderma*, 2013, 193-194: 282-289.
- [5] Baritz R, Seufert G, Montanarell L, Van Ranst E. Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management*, 2010, 260(3): 262-277.
- [6] Bernal B, William J, Mitsch A. A comparison of soil carbon pools and profiles in wetlands in Costa Rica and Ohio. *Ecological Engineering*, 2008, 34(4): 311-323.
- [7] 陈庆强, 沈承德, 易惟熙, 彭少麟, 李志安. 土壤碳循环研究进展. *地球科学进展*, 1998, 13(6): 555-563.
- [8] 汪业勤, 赵士洞, 牛栋. 陆地土壤碳循环的研究动态. *生态学杂志*, 1999, 18(5): 29-35.
- [9] Bohn H L. Estimate of organic carbon in world soils; I. *Soil Science Society of America Journal*, 1982, 40(3): 468-470.
- [10] Bohn H L. Estimate of organic carbon in world soils; II. *Soil Science Society of America Journal*, 1982, 46(5): 1118-1119.
- [11] 曲德双. 农田土壤碳储量的研究进展. *农业系统科学与综合研究*, 2008, 24(3): 382-384.
- [12] 田娜, 王义祥, 翁伯琦. 土壤碳储量估算研究进展. *亚热带农业研究*, 2010, 6(3): 193-198.
- [13] 王绍强, 周成虎. 中国陆地土壤有机碳库的估算. *地理研究*, 1999, 18(4): 349-356.
- [14] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究. *科技通报*, 1999, 15(5): 330-332.
- [15] 奚小环. 多目标区域地球化学调查与生态地球化学——第四纪研究与应用的新方向. *第四纪研究*, 2005, 25(3): 269-274.
- [16] 张天琴. 吉林西部县域尺度下农田土壤有机碳储量及变化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [17] 张立. 松嫩平原南部土壤碳储量及变化特征研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [18] Tan W F, Zhang R, Cao H, Huang C Q, Yang Q K, Wang M K, Koopal L K. Soil inorganic carbon stock under different soil types and land uses on the Loess Plateau region of China. *Catena*, 2014, 121: 22-30.
- [19] 黄昕琦, 李琳, 吕烨, 潘高娃, 祁瑜, 段成瑜, 黄永梅. 内蒙古乌梁素海湿地土壤有机碳组成与碳储量. *湿地科学*, 2015, 13(2): 252-257.
- [20] 马维伟, 王辉, 黄蓉, 李俊臻, 李德钰. 尕斯库勒湖湿地生态系统土壤有机碳储量和碳密度分布. *应用生态学报*, 2014, 25(3): 738-744.
- [21] 王勇辉, 何旭, 海米提·依米提. 艾比湖湿地土壤粒度特征分析. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(6): 183-187.
- [22] 艾尤尔·亥热提, 王勇辉, 海米提·依米提. 艾比湖湿地土壤碱解氮的空间变异性分析. *土壤*, 2014, 46(5): 819-824.
- [23] 比拉力·依明, 王勇辉, 海米提·依米提. 博尔塔拉河下游河岸带土壤养分特征及其相关性分析. *干旱区研究*, 2014, 31(2): 216-221.
- [24] 张连成, 王勇辉. 艾比湖湿地芦苇生长土壤的化学特性. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(4): 159-162, 235.
- [25] 李金芬, 程积民, 刘伟, 古晓林. 黄土高原云雾山草地土壤有机碳、全氮分布特征. *草地学报*, 2010, 18(5): 661-668.
- [26] 李明峰, 董云社, 耿元波, 齐玉春. 草原土壤的碳氮分布与 CO₂ 排放通量的相关性分析. *环境科学*, 2004, 25(2): 7-11.
- [27] 解宪丽, 孙波, 周慧珍, 李忠佩, 李安波. 中国土壤有机碳密度和储量的估算与空间分布分析. *土壤学报*, 2004, 41(1): 35-43.
- [28] Jobbágy E G, Jackson R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 2002, 10(2): 423-436.
- [29] 吕国红, 周莉, 赵先丽, 贾庆宇, 谢艳兵, 周广胜. 芦苇湿地土壤有机碳和全氮含量的垂直分布特征. *应用生态学报*, 2006, 17(3): 384-389.