

土地利用方式和地形对半干旱区土壤有机碳含量的影响^①

李 龙¹, 秦富仓¹, 姜丽娜², 姚雪玲³, 王晓军⁴

(1 内蒙古农业大学沙漠治理学院, 呼和浩特 100018; 2 中国林业科学研究院林业新技术研究所, 北京 100091; 3 中国林业科学研究院荒漠化所, 北京 100091; 4 内蒙古天睿水土保持生态技术咨询服务公司, 内蒙古包头 014030)

摘 要: 以内蒙古赤峰市敖汉旗为研究对象, 以实地调查数据为基础, 结合土地利用方式与地形的变化, 对敖汉旗 0~100 cm 深度土壤有机碳含量的空间分布特征进行了研究, 旨在对地区碳储量的估算和科学利用土地资源起到积极的借鉴作用。结果表明, 敖汉旗土壤有机碳含量在 0~100 cm 深度的土壤剖面内的变化范围为 0.23~20.71 g/kg, 主要集中在 40 cm 以上土层, 且随着土层深度的增加土壤有机碳平均含量逐渐降低; 各土地利用方式下土壤有机碳含量均表现为: 林地>农地>草地。土壤有机碳含量主要富集在高海拔区的平缓地段; 受土壤侵蚀的影响, 当坡度>10°后, 不同土地利用类型的有机碳含量均显著降低。

关键词: 土壤有机碳; 土壤深度; 土地利用方式; 地形因素

中图分类号: S157.9 文献标识码: A

土壤碳库作为陆地生态系统中最大的碳库, 其动态变化和储量的分布不仅对土地质量起着重要的指示作用, 同时对全球气候变化也有着巨大的影响^[1]。自然因素和人为活动都直接或间接地对土壤有机碳含量的空间分布起着重要作用, 而土地利用方式的改变对陆地生态系统碳循环有着极其重要的影响, 是仅次于化石燃料燃烧而使大气中 CO₂ 浓度剧烈增长的最主要的人为活动^[2]。Murty 等^[3]也研究指出原始植被和土地利用方式的改变极大地影响着土壤碳循环, 是控制土壤有机碳排放或吸收的重要因素。然而由于深层土壤取样的难度较大, 土壤有机碳空间变异的研究对样本数量具有较高的要求, 这就使得目前针对土壤有机碳空间变异的研究多集中于表层土壤, 对土壤有机碳垂直分布特征的研究相对较少^[4-5]。而深层土壤有机碳储量巨大, Jobbágy 和 Jackson^[6]研究表明, 土壤碳库中约 59% 的土壤有机碳储存在 20 cm 以下深度的土壤中, 深层土壤有机碳储量及其垂直分布特征同样在陆地生态系统的碳循环中扮演着重要角色。

敖汉旗土地利用方式复杂多样, 土壤有机碳在水平方向所表现出的空间变异是各种因素共同作用的结果, 土壤有机碳的空间分布格局也直接反映了其土壤肥力的分布特征。而土壤有机碳的垂直分布则是准确评价该地区碳储量的关键因素, 深层土壤中的有机

碳储量极为丰富, 更是植物健康生长的重要保障^[7]。因此, 本研究选择敖汉旗 0~100 cm 深度内的土壤有机碳为研究对象, 结合地形因素分析土地利用方式对土壤有机碳含量的影响, 旨在为研究区土壤碳库的评价和土地资源的合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区赤峰市东南部的敖汉旗(41°42'~42°02'N、119°30'~120°54'E), 全旗总面积约为 8 300 km², 总体地势南高北低, 地形起伏多变, 海拔为 300~1 250 m; 年降水量在 310~460 mm 之间, 降水自南向北递减; 年蒸发量 2 000~2 600 mm, 年平均气温为 6 °C, 冬季寒冷干燥, 夏季温热且降雨集中, 属于温带半干旱大陆性气候。敖汉旗处于欧亚干草原区, 地带性植被以疏林草原为主, 受区域水热条件和地形等因素的影响, 自然植被分布具有较明显的南北差异, 从南到北呈现出由森林和森林草原逐渐向干草原过渡的规律, 同时受生境条件的影响, 有沙生植被以及灌丛植被分布。全旗主要分布有 4 个土类(图 1), 南部山地主要为棕壤和褐土, 中部黄土丘陵及黄土漫岗主要为栗钙土, 北部沙地主要为风沙土, 以流动、半流动、固定沙地和覆沙地为主。敖汉

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(41807079)资助。

作者简介: 李龙(1989—), 男, 吉林桦甸人, 博士, 讲师, 主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: lilongdhr@126.com

旗土地利用类型多样,属于农牧交错地带,是以农为主,农牧林结合的经济类型区(图 2)。其中,林地面积为 3 945 km²,全旗形成带网片、乔灌草相结合的防护林体系;耕地面积为 1 776 km²,约占全旗面积的 21.39%;研究区北部以旱作农业为主,中部及北部多分布水浇地,主要种植作物为玉米、高粱、谷子等。牧草地面积为 1 695 km²,占全旗面积的 20.41%。

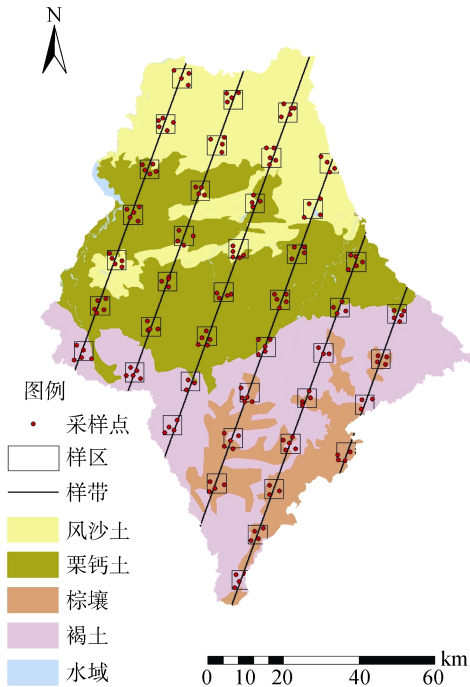


图 1 研究区土壤及采样点分布示意图
Fig. 1 Soil types and sampling sites in study area

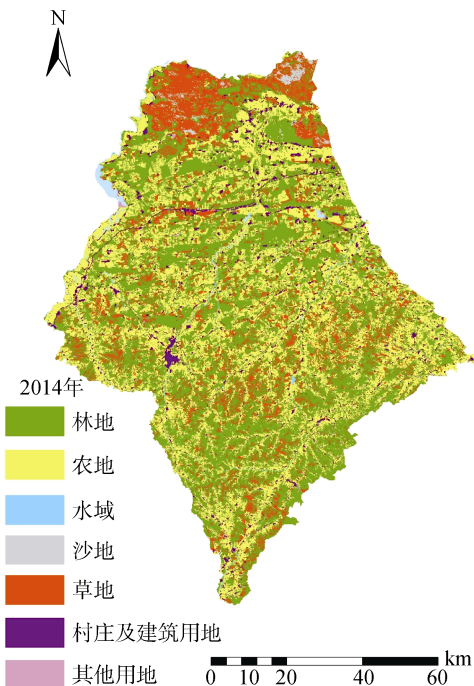


图 2 研究区土地利用现状图
Fig. 2 Land use types in study area

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择 基于敖汉旗 1:50 000 地形图和 2014 年 8 月的 Landsat 8 影像(30 m 分辨率)等基本资料,于 2014 年 8 月对研究区进行采样。沿敖汉旗东北向西南方向等间距布设 6 条样线,贯穿全旗,相邻两条样线间距为 15 km,于每条样线上等距离布设采样的样区,每个样区规格均为 5 km × 5 km,同一条样带上相邻的两个样区间隔为 13 km。研究样区内的样地布设采用人为选择典型样地法。充分考虑每个样区内的不同植被类型、土壤类型、地貌特征等因素,尽量全面反映样区的自然特征,每个样区内选择 3 ~ 5 个典型样地,共选取 182 个样地。

1.2.2 样品采集与测定 样地确定后,使用手持 GPS 记录样地坐标信息和海拔、坡度、坡向、土壤类型、土地利用类型等基本信息。于每块样地内按“S”形布设 4 个样点,相邻两样点间隔 3 ~ 5 m,以确定土壤剖面位置。去除土壤表层的植被与枯落物,于样点处挖掘长 1.5 m,宽 1.5 m,深 1 m 的土壤剖面,按照 0 ~ 20, 20 ~ 40, 40 ~ 60, 60 ~ 80, 80 ~ 100 cm 划分 5 层,由下至上分层取样,每层取 3 个重复,将每个土壤剖面中同一层次的土壤样品混合均匀,除去土样中的砾石、植物体等杂质,按四分法去除多余土样后装入无菌袋带回实验室。将带回的土壤样品经晾晒、研磨、过筛后,采用重铬酸钾氧化法测定土壤样品中有机碳含量^[8]。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳含量的描述性统计分析

根据覆盖整个敖汉旗的 182 个采样点的实测数据,对研究区 0 ~ 100 cm 深度的土壤有机碳含量进行描述性统计分析(表 1)。结果表明土壤有机碳含量在 0 ~ 100 cm 深度的土壤剖面内的变化范围为 0.23 ~ 20.71 g/kg;各土层内土壤有机碳平均含量变化范围为 4.47 ~ 7.49 g/kg,且随着土层深度的增加土壤有机碳平均含量逐渐降低;自 0 ~ 20 cm 深度开始,土壤深度每下降 20 cm,土壤有机碳平均含量分别降低了 12.55%、13.74%、7.79%、14.20%,由此可见当土壤深度达到 80 cm 以下时,土壤有机碳含量的下降幅度最大。方差分析表明,0 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 土壤有机碳含量显著高于 40 cm 深度以下的其他 3 层土壤有机碳含量($P < 0.05$),且土壤有机碳含量主要富集在 0 ~ 40 cm 深度的土壤中,占 100 cm 深度土壤剖面内有机碳含量的 47.80%。地表枯落物是土壤有机碳的主要来源之一,表层土壤直接接受来自于枯落层中有机质的补给,因此土壤有机质大量富集在表层土壤中^[9]。

根据全国第二次土壤普查养分分级系统,将土壤有机质含量由高到低划分为 6 个级别: (> 40 g/kg)、(30~40 g/kg)、(20~30 g/kg)、(10~20 g/kg)、(6~10 g/kg)、(< 6 g/kg)^[10]。土壤有机质(SOM)=土壤有机碳(SOC)×1.724,由此可知,敖汉旗 0~100 cm 深度内各层土壤有机碳总体偏低,0~40 cm 土壤深度内有机碳含量属于 Ⅱ级水平,而 40~100 cm 的 3 层土壤有机碳平均含量均属于 Ⅲ级水平。变异系数用以反映数据的离散程度,各深度土壤有机碳含量的变异系

数相差不大,介于 46.02%~54.59%,根据 Nielsen 和 Bouma^[11]分级标准,均表现为中等程度的变异且无显著差异,说明各土层有机碳含量的离散程度适中。峰度和偏度是反映土壤有机碳分布特征的重要指标,土壤有机碳含量均表现为轻度的正向右偏态,0~20、40~60 以及 80~100 cm 土壤有机碳含量近似正态分布,而 20~40 和 60~80 cm 土壤有机碳不服从正态分布,其偏度值较大,说明这两层土壤有机碳含量平均数在众数右侧,表现为右偏的分布特征。

表 1 不同土层深度内土壤有机碳含量的描述性统计
Table 1 Descriptive statistics of SOC contents in different soil depths

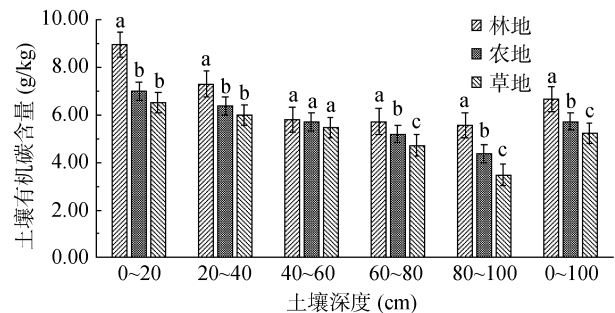
土层深度(cm)	土壤有机碳含量(g/kg)			标准差	变异系数(%)	偏度	峰度	P
	最小值	平均值	最大值					
0~20	1.23	7.49 a	19.95	3.80	50.73	0.17	2.09	0.141
20~40	0.53	6.55 a	20.71	3.20	48.85	1.13	2.58	0.026
40~60	0.57	5.65 b	13.83	2.60	46.02	0.30	3.33	0.132
60~80	0.28	5.21 bc	13.89	2.71	52.02	1.73	3.51	0.017
80~100	0.23	4.47 c	12.40	2.44	54.59	0.19	2.65	0.088

注:表中同列数据小写字母不同表示不同土层间差异达到 $P<0.05$ 显著水平。

2.2 土地利用方式对有机碳含量空间分布的影响

土地利用方式是带有较强的目的性对土地进行改造、开发和保护,受人为活动的影响极大。受土地利用类型的影响土壤有机碳含量也呈现出较为明显的差异。如图 3 所示,敖汉旗不同土地利用类型下有机碳含量表现出显著的差异,土壤有机碳含量均表现为:林地>农地>草地,且这一分布特征并不随土壤深度的变化而改变。其中,0~40 cm 深度的土壤范围内,林地内有机碳含量显著高于农地和草地($P<0.05$),其含量约为农地和草地有机碳含量的 1.3 倍,而农地和草地在这一土壤深度内有机碳含量并未表现出显著差异。40~60 cm 土壤深度范围内,农地和林地下有机碳含量均下降较快,使得这一深度土壤有机碳含量在各土地利用类型下未表现出显著差异。60~100 cm 深度范围内,各土地利用类型下有机碳含量差异显著($P<0.05$),且农地与草地在这一土壤深度内有机碳含量显著下降。综上所述,研究区内随着土壤深度的增加,各土地利用类型下土壤有机碳含量的差异性逐渐降低^[9]。其中,0~100 cm 林地与农地的有机碳含量分别降低了 37.86% 和 37.33%,而草地土壤有机碳含量下降最多,降低了 46.70%。这就导致了在深层土壤中不同土地利用类型之间的有机碳含量的差异性增加。

2.2.1 林地土壤有机碳含量空间分布特征 为了进一步揭示各土地利用类型下土壤有机碳含量的空



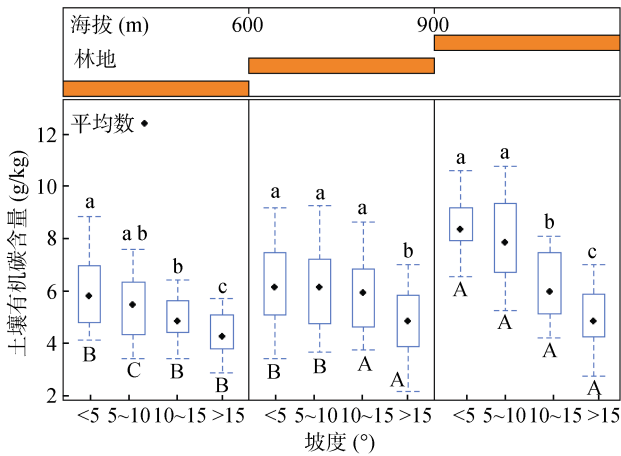
(图柱上方小写字母不同表示同一土壤深度不同土地利用方式间差异达到 $P<0.05$ 显著水平)

图 3 不同土地利用类型下土壤有机碳含量的分布特征
Fig. 3 SOC contents in different land use types

间分布特征,结合海拔和坡度对不同土地利用类型下 0~100 cm 深度土壤有机碳平均含量进行研究。由于敖汉旗林地、农地和草地在全旗范围内分布广泛,覆盖不同海拔和坡度,因此本研究将海拔按照 <600 m, 600~900 m 和 >900 m 划分为 3 个级别;坡度按照 <5°, 5°~10°, 10°~15° 和 >15° 划分为 4 个级别,从而研究不同地形上各土地利用方式下土壤有机碳含量的差异。

如图 4 所示,林地土壤有机碳含量介于 1.12~10.63 g/kg,平均含量为 6.55 g/kg。海拔对林地土壤有机碳含量的影响较为明显,不同坡度上有机碳含量基本随着海拔的升高而升高;当坡度 <5° 时,900 m 以上海拔的土壤有机碳含量显著高于 900 m 以下海拔上的土壤有机碳含量($P<0.05$)。坡度 5°~10° 的土

壤有机碳含量受海拔的影响最显著，随着海拔的升高，土壤有机碳含量显著上升($P<0.05$)。当坡度 $>10^\circ$ 时，600 m 以上海拔的土壤有机碳含量显著高于 600 m 以下海拔的土壤有机碳含量($P<0.05$)。



(图中上下虚线表示数据最大值与最小值；小写字母不同表示在同一海拔下，不同坡度间土壤有机碳含量差异达到 $P<0.05$ 显著水平；大写字母不同表示在同一坡度下，不同海拔分区之间土壤有机碳含量差异达到 $P<0.05$ 显著水平，下同)

图 4 不同地形上林地有机碳含量的分布特征
Fig. 4 SOC contents in woodlands on different terrains

在相同海拔上林地土壤有机碳含量整体均表现为随着坡度的增加有机碳含量降低的特点。海拔在 900 m 以下时，坡度 $>15^\circ$ 的土壤有机碳含量显著低于其他坡度($P<0.05$)；当海拔在 >900 m 时，坡度 $<10^\circ$ 的土壤有机碳含量显著高于其他坡度($P<0.05$)。

2.2.2 农地土壤有机碳含量空间分布特征 如图 5 所示，农地土壤有机碳含量在 1.83 ~ 10.21 g/kg 之间，平均含量为 5.45 g/kg。海拔对农地土壤有机碳含量的影响较为明显，当坡度 $<5^\circ$ 时，土壤有机碳含量随着海拔的升高而显著升高($P<0.05$)；当坡度在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 时，900 m 以上海拔的土壤有机碳含量显著高于 900 m 以下海拔的土壤有机碳含量($P<0.05$)；而当坡度 $>10^\circ$ 时，随着海拔的变化各坡度上土壤有机碳含量并未表现出显著差异。

在相同海拔上农地土壤有机碳含量整体均表现为随着坡度的增加有机碳含量降低的特点。海拔在 900 m 以下时，坡度 $>15^\circ$ 的土壤有机碳含量显著低于其他坡度($P<0.05$)；当海拔在 >900 m 时，坡度 $>10^\circ$ 的土壤有机碳含量显著低于其他坡度($P<0.05$)。

2.2.3 草地土壤有机碳含量空间分布特征 如图 6 所示，草地土壤有机碳含量在 2.46 ~ 10.13 g/kg 之间，其平均含量为 4.90 g/kg。海拔对草地土壤有机碳含量的影响较为明显，当坡度 $<15^\circ$ 时，土壤有机碳含量随

着海拔的升高而显著升高($P<0.05$)。当坡度 $>15^\circ$ 时，900 m 以上海拔的土壤有机碳含量显著高于 900 m 以下海拔上的土壤有机碳含量($P<0.05$)。

在相同海拔上草地土壤有机碳含量总体表现为随着坡度的增加有机碳含量降低的特点。海拔在 600 m 以下时，坡度 $<5^\circ$ 的土壤有机碳含量显著低于其他坡度($P<0.05$)；当海拔在 600 ~ 900 m 时，坡度 $5^\circ \sim 10^\circ$ 的土壤有机碳含量显著高于其他坡度($P<0.05$)，同时，坡度 $>15^\circ$ 的土壤有机碳含量显著低于其他坡度($P<0.05$)；当海拔 >900 m 时，坡度 $>10^\circ$ 的土壤有机碳含量显著低于其他坡度($P<0.05$)。

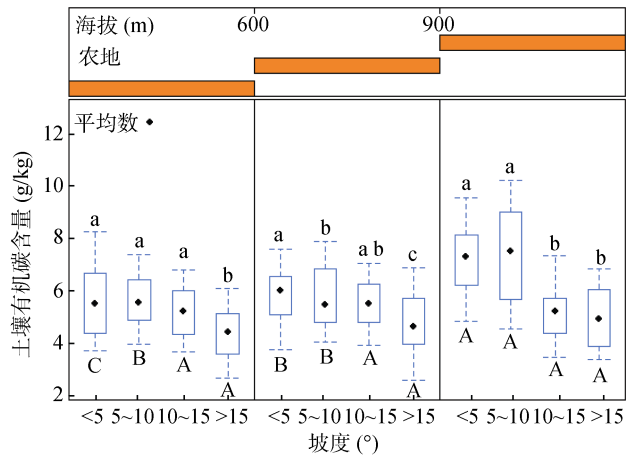


图 5 不同地形上农地有机碳含量的分布特征
Fig. 5 SOC contents in farmlands on different terrains

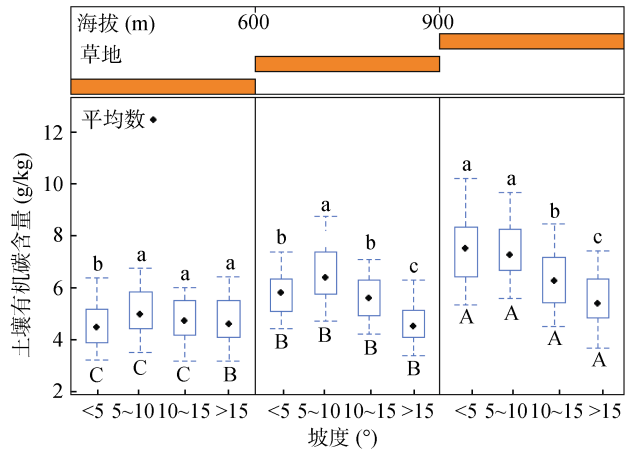


图 6 不同地形上草地有机碳含量的分布特征
Fig. 6 SOC contents in grasslands on different terrains

3 讨论

研究区 0 ~ 100 cm 深度各土层有机碳平均含量变化范围为 4.47 ~ 7.49 g/kg，土壤有机碳含量整体偏低，处于全国土壤有机碳平均水平 (20.1 g/kg) 以下^[12]。从水平分布上看，不同的土地利用方式下，土地的管

理措施,凋落物的质量、数量等差异都是引起土壤有机碳含量差异的重要原因。土地利用方式直接改变地表覆被,这也是土壤有机碳的最重要的来源,植被覆盖、根系分布、枯落层等都是影响土壤有机碳积累的重要因素。研究区内林地分布广泛,常伴有乔灌混交、针阔混交等多种人工林搭配,合理的植被配置模式形成较为稳定的林分结构,林下积累丰富的枯落层为土壤有机碳的累积提供来源;农地受到人为干预最为强烈,在人类活动的长期选择作用下,大部分土壤肥力较高的优质土地被用于农业生产,受人为灌溉施肥等影响,农地的水肥条件要远优于草地,而敖汉旗天然草地受到人为的管护较少,同时还存在部分坡耕地、低产旱地,由于长期撂荒而自然演替成为荒草地;更重要的是,研究区北部受到科尔沁沙地的影响,风沙活动强烈,属于荒漠草地类型,分布面积广泛,在这一地区以沙生植被为主,覆盖度低,且初级生产力远低于其他土地,这就导致了这些草地生产力相对农地和林地较低,加之局部地区不合理放牧,羊群啃噬、踩踏严重,草地缺乏科学的管理而导致土壤中有机碳的累积也受到限制。

就小尺度上,同一土壤类型区的不同树种下土壤有机碳的分布都表现出较大的差别^[13],在大空间尺度上,植被群落表现出明显的地域性特征,土壤有机碳受到植被地带性分布的影响更加明显^[14-15]。对于县域尺度的敖汉旗而言,植被由南向北为森林植被向旱生草本再到沙地植被过渡的分布特征。就气候条件而言,研究区的降雨量由南向北逐渐递减,这也导致了在北部风沙土区常年干旱少雨,以沙地植被为主,而在雨水丰沛的南部地区,分布森林植被,有效地对土壤有机碳进行补给。

本研究发现敖汉旗土壤有机碳含量主要富集在 0~40 cm 深度的土壤中,占 100 cm 深度剖面内有机碳含量的 47.80%,40 cm 深度以上的土壤有机碳含量显著高于其他深度土壤碳含量。这一研究结果与王欣等^[16]在该地区的研究结论相符,其他研究也普遍认为土壤有机碳的垂直分布规律表现为随着土壤深度的增加有机碳含量逐渐降低^[17-18]。土壤有机碳的垂直分布特征主要受植被根系分布和有效土层厚度的影响。在本研究中,林地、农田和草地土壤有机碳含量在垂直分布上存在显著差异,这与不同土地利用类型上植物根系的延展长度密切相关。

林地相对于农地与草地根系更加密集,且表层土壤根密度较高,枯落层较厚,因而在 0~40 cm 深度林地有机碳含量远高于农地和草地。就农地而言,农

地表面基本没有枯枝落叶层的存留,地上部分对土壤有机质的供应也相对较少,其主要原因是农作物收获后带走了大量的有机物质(籽粒和秸秆),导致土壤无法得到来自地表植被有机碳的补给。另一方面,农地在翻耕条件下,土壤有机质易于分解,有机碳循环过程得到促进,从而使有机质含量降低,同时翻耕后水土流失过程加剧,加速了土壤有机碳的流失^[19];草地植物根系分布较浅,很难在深层土壤内扎根,而农地耕作层深度一般在 40 cm,对深层土壤的扰动也较弱,因此,深层土壤中农地和草地土壤有机碳含量急剧下降,有机碳含量形成更为显著的林地>农地>草地的分布特征。而林地主要种植高大乔木,根系分布较深,使得深层土壤仍然保持较高的有机质输运量,因此当土壤深度大于 60 cm 后,林地的有机碳含量明显高于草地与农地。匡文浓等^[20]研究指出群落优势种根系分布是影响土壤有机碳垂直分布格局的重要因素,这种影响特别是在根系发达的荒漠植被上体现得较为明显。王凯等^[21]研究也发现根际土有机碳含量明显高于非根际土,深层土壤有机碳含量主要来自于根系。另一方面,土壤自身的垂直结构也是影响土壤有机碳垂直分布的关键因素之一。Turrión 等^[22]研究发现,土壤基岩类型是影响土壤发展和土壤肥力的关键因素,受到钙积层深度和有效土层厚度等因素的影响极为明显。这与土壤本身的成土过程有着密切关系。综上所述,植物根系的分布和土地的管护方式是影响各土地利用方式下土壤有机碳累积的重要因素,林地土壤具有较高的固碳能力,应继续加强对天然林的保护和人工林的管护;受耕作方式和植被根系伸展的影响,农地和草地土壤有机碳含量均集中在表层,对农地积极采取秸秆还田等保护性耕作,对草地进行合理放牧以保护表层土壤不被侵蚀破坏,都将对高效合理地利用土地具有积极作用。

4 结论

敖汉旗土壤有机碳含量在 0~100 cm 深度的土壤剖面内的变化范围为 0.23~20.71 g/kg,且随着土层深度的增加土壤有机碳平均含量逐渐降低,土壤有机碳含量主要富集在 0~40 cm 深度的土壤中,占 100 cm 深度剖面内有机碳含量的 47.80%。土地利用类型对土壤有机碳含量具有显著影响,各土地利用方式下土壤有机碳含量均表现为:林地>农地>草地。

各土地利用类型有机碳含量基本均随海拔的升高而增加,随坡度的增加而降低。高海拔区的平缓地段是各土地利用类型土壤有机碳含量的主要富集区

域；受土壤侵蚀的影响，当坡度 $>10^\circ$ 后，不同土地利用类型的有机碳含量均显著降低。

参考文献：

- [1] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, et al. Soil carbon pools and world life zones[J]. *Nature*, 1982, 298: 156–159
- [2] Watson R T, Bolin B. Land use change and forestry: A special report of the IPCC[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000: 189–217
- [3] Murty D, Kirschbaum M U F, McMurtrie R E, et al. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature[J]. *Global Change Biology*, 2002, 8: 105–123
- [4] Li B Y, Tang H P, Wu L H, et al. Relationships between the soil organic carbon density of surface soils and the influencing factors in differing land uses in Inner Mongolia[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2012, 65: 195–202
- [5] Zhang Z Q, Yu D S, Shi X Z, et al. Priority selection rating of sampling density and interpolation method for detecting the spatial variability of soil organic carbon in China[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2015, 73: 2287–2297
- [6] Jobbágy E G, Jackson R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10: 423–436
- [7] 裴智琴, 周勇, 郑元润, 等. 干旱区琵琶柴群落细根周转对土壤有机碳循环的贡献[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(11): 1182–1191
- [8] Walkley A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils—effects of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents[J]. *Soil Science*, 1947, 63: 251–264
- [9] 梁启鹏, 余新晓, 庞卓, 等. 不同林分土壤有机碳密度研究[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(4): 889–893
- [10] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查数据[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997
- [11] Nielsen D R, Bouma J. Soil spatial variability[M]. *Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSA, Las Vegas Pudo: Wageningen*, 1985
- [12] 王绍强, 周成虎. 中国陆地土壤有机碳库的估算[J]. *地理研究*, 1999, 18(4): 349–356
- [13] 李龙, 姚云峰, 秦富仓, 等. 黄花甸子流域人工林土壤有机碳密度分布特征[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2016(2): 77–82
- [14] 万昊, 刘卫国, 魏杰. 黄土高原植被演替对土壤碳库及 $\delta^{13}C$ 的影响[J]. *生态学杂志*, 2015, 34(1): 100–105
- [15] 顾成军, 史学正, 于东升, 等. 省域土壤有机碳空间分布的主控因子——土壤类型与土地利用比较[J]. *土壤学报*, 2013, 50(3): 425–432
- [16] 王欣, 姚云峰, 秦富仓, 等. 敖汉旗林地土壤有机碳垂直分布研究[J]. *北方园艺*, 2014(4): 149–152
- [17] 王淑芳, 王效科, 张千千, 等. 密云水库上游流域不同林分土壤有机碳分布特征[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(11): 2558–2562
- [18] 王秀丽, 张凤荣, 朱泰峰, 等. 北京山区土壤有机碳分布及其影响因素研究[J]. *资源科学*, 2013, 35(6): 1152–1158
- [19] Polyakov V O, Lal R. Soil organic matter and CO_2 emission as affected by water erosion on field runoff plots[J]. *Geoderma*, 2008, 143 (1/2): 216–222
- [20] 匡文浓, 钱建强, 马群, 等. 五种荒漠灌木群落土壤有机碳垂直分布及其与根系分布的关系[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(2): 275–281
- [21] 王凯, 宋立宁, 张成龙, 等. 科尔沁沙地典型林分土壤有机碳储量与根际效应的关系[J]. *水土保持学报*, 2013, 27(6): 221–225
- [22] Turrión M B, Schneider K, Gallardo J F. Carbon accumulation in Umbrisols under *Quercus pyrenaica* forests: Effects of bedrock and annual precipitation[J]. *Catena*, 2009, 79: 1–8

Effects of Land Use Type and Terrain on Soil Organic Carbon (SOC) Content in Semi-arid Region

LI Long¹, QIN Fucang¹, JIANG Lina², YAO Xueling³, WANG Xiaojun⁴

(1 College of Desert Control Science and Engineer, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2 Research Institute of Forestry New Technology, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3 Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 4 Inner Mongolia Tianrui Soil and Water Conservation Ecological Technology Consulting Services Co. LTD, Baotou, Inner Mongolia 014030, China)

Abstract: In this study, Aohan county in Chifeng of Inner Mongolia was collected as the study area, the spatial distribution of soil organic carbon (SOC) content at 0–100 cm was studied based on soil survey data and considering the changes of land use type and terrain in order to estimate carbon storage and to rationally use land resources. The results showed that SOC content was within 0.23–20.71 g/kg, SOC content was mainly concentrated in 0–40 cm soil, SOC content decreased gradually with increasing soil depth and SOC contents exhibited in an order of woodland > farmland > grassland. SOC was mainly stored in the flat area of high altitude. SOC content of different land use types were significantly reduced when slope > 10° due to soil erosion.

Key words: Soil organic carbon; Soil depth; Land use type; Terrain