

敖汉旗林地土壤有机碳垂直分布研究

王 欣¹, 姚 云 峰¹, 秦 富 仓¹, 郝 刚², 常 伟 东³

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 3. 敖汉旗水利局, 内蒙古 赤峰 024300)

摘 要:以内蒙古赤峰市敖汉旗黄花甸子流域的试验区中栽植山杏、小叶杨的样地土壤为研究对象,通过现场采样,分别采集 15 个土壤剖面,225 个土壤样品进行分析,以期研究土壤有机碳垂直分布规律。结果表明:除小叶杨样地外,不同林地土壤有机碳含量及密度随土层深度加深显著降低,土壤有机碳储量主要集中在 40 cm 以上的土层。

关键词:敖汉旗;土壤有机碳密度;垂直分布;土壤有机碳含量

中图分类号:S 159.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0149-04

二氧化碳(CO₂)是对气候影响最大的温室气体,其温室效应占全部温室气体总效应的 50% 以上。碳在自然界中水圈、大气圈、地圈和生物圈中动态循环并且是与人类生存密切相关的最重要的物质之一^[1-2]。土壤有机碳库是陆地生态系统中最大的碳库、最为重要的碳库之一,全球约有 1 500 Pt 碳以有机态形式储存于地球土壤中^[3-5]。土壤有机碳是陆地生态系统碳平衡的主要因子,在土壤生产力和全球碳循环中起着重要作用^[6]。土壤有机碳则易受自然植被、气候、土壤类型以及土壤利用方法等因素的影响。不同土地利用方式对土壤有机碳具有不同影响。植被恢复(土地利用变化)对土壤有机碳的影响已成为当前土壤碳库研究的热点^[7]。但由于不同学者对土壤有机碳储量研究的尺度不同,导致相同地区研究结果存在差异。因此,以小流域为尺度分土层分析土壤有机碳的研究开始被广泛关注。

敖汉旗生态建设享有盛誉,2002 年 6 月被联合国环境规划署授予“全球 500 佳”荣誉称号,是全国唯一获此殊荣的县级单位,因此敖汉旗被称为“绿色敖汉”。在已经大范围开展植被恢复与重建的背景下,关于不同土地利用方式下土壤有机碳的累积、分解等方面的研究鲜见报道。因此该试验选取赤峰市敖汉旗西部黄花甸子流域为试验区,采用野外调查、定位观测和室内分析相结合的方法,选取当地 2 种代表树种山杏和小叶杨样地土壤为研究对象,以期探讨不同土地利用方式下,不同深

度土层土壤有机碳含量及碳密度分布规律,旨在为当地不同植被类型土壤碳累积机理研究及生态固碳提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古赤峰市敖汉旗西部的黄花甸子流域,老哈河中游南岸,科尔沁沙地南缘,地处北纬 42°17′~42°33′,东经 119°36′~119°53′。流域内总体属于低山丘陵区,地势起伏不大,海拔在 440~906 m 之间。属于中温带半干旱大陆性季风气候区,四季分明,太阳辐射强烈,日照丰富。年均降雨量多在 400~470 mm 之间,年均蒸发量多在 2 290~2 400 mm 之间。全年日照数 2 940~3 060 h,历年平均日照数 2 999.3 h,≥10℃积温为 3 189℃。春季风力大持续时间较长,年平均风速 4~6 m/s。土壤类型大部分为栗钙土,伴随着少量的风沙土,体现了森林土壤向草原土壤过渡的特点,pH 值呈弱碱性到碱性。该流域主要以人工植被为主。

1.2 试验材料

选取当地具有代表性的树种山杏(*Siberian Apricot*)、小叶杨(*Populus simonii*)样地为研究对象,设置固定样地。

1.3 试验方法

调查于 2012 年 8 月份进行,利用 GPS 仪进行样点定位,每种树种分别于 3 个不同部位,采用“S”形^[8]的布设方法分别挖取 5 个,深度大约为 1 m 的剖面。按土壤发生层次,土层取:0~10、10~20、20~40、40~60、60~100 cm。每层 3 个重复,共采集土样 450 个。用环刀法采集每层原状土壤,经烘干称重,得到各土层土壤容重。取土壤样品带回室内,挑出植物根系等非土壤形成物质,经自然风干,粉碎研磨后,使用 2 mm 过筛后,继续挑

第一作者简介:王欣(1990-),女,硕士研究生,现主要从事水土保持与荒漠化防治领域等工作。E-mail:wangxin900303@163.com.

责任作者:姚云峰(1959-),男,教授,博士生导师,现主要从事水土保持与荒漠化防治领域等工作。

基金项目:内蒙古应用研究开发计划资助项目(20110732)。

收稿日期:2013-10-30

拣砾石,用 4 分法过 0.149 mm 筛,测定土壤有机碳含量。

1.4 项目测定

土壤有机碳含量测定采用森林土壤国家标准重铬酸钾外加热法^[9];土壤含水量采用烘干法测定;土壤容重采用环刀法测定;土壤有机碳密度是单位面积一定深度土层中、土壤有机碳的储量,不同层次土壤有机碳密度计算公式为: $SOCDi = Di \times \rho_i \times SOCi / 100^{[10]}$,n 层土壤剖面有机碳密度公式为: $SOCDi = \sum_i^n Di \times \rho_i \times SOCi / 100$;各层土壤单位面积有机碳储量: $Ri = SOCDi (SOCDi / \sum_i^n SOCDi) \times 100\%^{[11]}$;式中,i:土壤不同层次;n:土壤层数;SOCDi:土壤有机碳密度(kg/m²);D:土层厚度(cm); ρ_i :土壤容重(g/cm³);SOC:土壤有机碳含量(g/kg)。

1.5 数据分析

试验数据均采用 Excel 2007 和 SPSS 21.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同植被类型不同土层土壤有机碳含量垂直分布

由表 1 可知,土壤有机碳含量在不同土层上的含量变化,2 个样地土壤有机碳变异系数基本都在 0.1 左右波动,可视为中等变异,可以认为数据接近正态分布,试验数据可靠。分别对山杏和小叶杨样地不同土层间土壤有机碳含量进行方差分析,结果均显示不同土层间土壤有机碳含量差异显著($P < 0.05$)。样地中小叶杨和山杏 2 种植被类型下 0~100 cm 土壤平均有机碳含量分别为 5.88、2.49 g/kg。小叶杨土壤平均有机碳含量>山杏土壤平均有机碳含量,这可能与实际调查中,小叶杨样

地林下枯落物较厚,根系较山杏样地发达有关。不同植被类型下,土壤有机碳含量在 1.08~8.39 g/kg 之间变化。不同土层下,2 种植被类型均呈现随着土层的加深而减小的趋势,分别在 0~10、60~100 cm 处出现最大值和最小值。其中山杏样地土壤有机碳含量随土层变化趋势不大。5 层土壤的有机碳含量均值为 2.49 g/kg,土层 0~10、10~20、20~40 cm 的土壤有机碳均大于 5 层土的均值,这 3 层土壤的有机碳含量分别是均值的 1.49、1.06、1.04 倍。山杏样地在 0~10 cm 处土壤有机碳含量最大,其分别是其它 4 层有机碳含量的 1.40、1.43、1.53、3.44 倍。小叶杨样地土壤有机碳含量高于山杏样地土壤有机碳含量的 2.36 倍。这可能由于 2 个树种的叶片生物量,或者林龄、温度、水分等不同有关。

小叶杨样地土壤层 0~10 cm 土壤有机碳含量最大,分别是其它 4 层土壤有机碳含量的 1.02、1.64、1.84、2.70 倍。5 层土壤有机碳均值为 5.88 g/kg,土层 0~10、10~20 cm 土壤有机碳均大于均值,是均值的 1.43、1.40 倍。山杏、小叶杨随土层变化的趋势相同。在同一深度的土层中,因植被类型、土壤类型、土壤容重等条件的不同,土壤有机碳含量出现差异。山杏、小叶杨样地土壤表层 0~10 cm 土壤有机碳含量分别占 0~100 cm 总有机碳含量的 29.8%、28.5%。由于表层土壤植物根系分布较多、微生物活性较大、枯落物分解补给易于传输有关。随土层的加深土壤有机碳含量的逐渐减小,这可能是由于深层土壤与植被和空气中碳交换减少,微生物活动减弱,不利于土壤有机碳的积累,深层土壤较表层土壤环境相对单一,受外界影响小,碳含量基本处于稳定状态。

表 1 不同植被类型、不同土层土壤有机碳含量基本参数

Table 1 Basic parameter table of soil organic carbon content of different sample area

样地	土层/cm	有机碳含量/g · kg ⁻¹	方差	标准差	标准误差	变异系数	偏度系数	峰度系数
山杏	0~10	3.71	0.35	1.9	0.59	0.09	0.16	0.71
	10~20	2.65	0.24	1.6	0.49	0.07	0.19	-0.08
	20~40	2.59	0.32	1.6	0.57	0.08	0.22	0.22
	40~60	2.42	0.25	1.6	0.49	0.07	0.21	-0.002
	60~100	1.08	0.22	1.4	0.47	0.06	0.43	0.31
小叶杨	0~10	8.39	0.45	2.5	0.68	0.10	0.08	0.25
	10~20	8.21	0.42	2.3	0.65	0.09	0.08	0.96
	20~40	5.12	0.42	2.4	0.65	0.09	0.13	0.73
	40~60	4.56	0.20	1.2	0.45	0.07	0.10	-0.51
	60~100	3.11	0.98	2.58	0.99	0.15	0.32	-0.26

2.2 不同植被类型、不同土层土壤有机碳密度垂直分布

山杏样地除 0~10、10~20 cm 之间差异不明显,其它各层次之间差异均很明显。而小叶杨样地土层 60~100 cm 与其它 4 层差异显著,其它处理间差异不显著,故将 0~10、10~20 cm 土层合为 0~20 cm,即表层土。受温度、水分等因素的影响,不同植被类型下植物残体进

入量不同。由于植被根系分布、枯落物分解程度以及土壤类型不同,所以土壤有机碳密度有空间变异性^[12]。从表 2 可以看出,山杏、小叶杨样地土壤有机碳密度差异很大,在 1 m 厚的土壤层,土壤有机碳密度介于 0.71~6.98 kg/m² 之间。山杏土壤有机碳密度总值为 3.32 kg/m²,小叶杨土壤有机碳密度总值为 6.98 kg/m²。小叶杨土壤有机碳密度是山杏土壤有机碳密度的 2.10 倍。这是由于植

被的根系主要集中分布在土壤表层,并且随着土壤深度的增加,枯落物和土壤微生物对有机碳的分解逐渐减小^[13],所以土壤表层 0~10 cm 有机碳密度最大,并且随着土壤深度的增加而降低。

表 2 不同植被类型、不同土层土壤有机碳密度

Table 2 Soil organic carbon density of different soil layers kg/m ²						
样地	土层/cm					均值
	0~20	20~40	40~60	60~100	0~100	
山杏	0.98	0.84	0.79	0.71	3.32	0.66
小叶杨	2.33	1.35	1.32	1.98	6.98	1.39

2.3 不同植被类型、不同土层土壤有机碳储量垂直分布

由表 3 可知,不同厚度的土层土壤有机碳储量不同,土层越厚土壤有机碳储量越大。土壤有机碳在垂直分布上受植被类型影响很大,样地中 0~40 cm 土层土壤有机碳储量占总碳储量的 50%以上。同时,根系的垂直分布直接影响输入到土壤剖面各个层次的有机碳数量^[10]。随着土层的加深,分解者的活动也逐渐减弱,进而导致植物碎屑在土壤中的位置越深,其分解速度也就越慢^[11]。在相同厚度的土层中,土壤有机碳储量随着深度的增加而减少。土壤有机碳储量百分比大小顺序依次为 0~20 cm>20~40 cm>40~60 cm。

表 3 不同植被类型、不同土层土壤有机碳储量垂直分布

Table 3 Soil organic carbon in carbon stocks %				
样地	土层/cm			
	0~20	20~40	40~60	60~100
山杏	29.6	25.3	23.8	21.4
小叶杨	33.3	19.3	18.9	28.4

3 讨论与结论

不同植被类型下,由于受土壤类型、气候、枯落物分解及转化程度、根系分布以及人为活动的影响^[14],不同土层土壤有机碳含量差异显著。2 个树种样地土壤深度变化与土壤有机碳含量间变化呈现一致的结果,均随着土壤深度的增加,有机碳含量减小。

不同植被类型、不同土层土壤有机碳在剖面中含量具有明显的差异性。由于植被的根系主要集中分布在土壤表层,枯落物与微生物对根系的分解随着土层的加深而降低。在土壤表层 0~10 cm 处,2 个树种样地土壤有机碳含量、土壤有机碳密度均出现峰值。

不同植被类型,不同土层土壤有机碳密度差异较大,在 0.71~6.98 kg/m² 之间变化。2 个树种林地的土

壤有机碳密度变化趋势和土壤有机碳含量的变化趋势大体相似。表层 0~10 cm 的土壤有机碳密度最大,并且在相同厚度的土壤中,随着土层的加深,土壤的有机碳密度逐渐减小,这与目前大部分研究结果一致^[14-15]。

虽然表层土壤有机碳密度较高,但其深度仅为 10 cm,在 0~40 cm 厚度土层,土壤碳储量占总储量的 50%以上。表层对土壤有机碳的储存能力有限,因此,深层土壤有机碳储量不容忽视。2 种植被 0~20 cm 土壤有机碳密度在 0.98~2.33 kg/m² 之间,低于我国森林土壤 0~20 cm 土壤平均碳密度 4.24 kg/m²^[16]。这主要是由于敖汉旗树种植被组成单一、林分结构简单,枯落物现存量不足且分解转化速度缓慢等因素所致。

参考文献

- [1] 李克让. 土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环[M]. 北京:气象出版社,2002.
- [2] Heimann M. Review of the current global carbon cycle and the prediction given by Arrhenius and Hoggum[J]. AMBIO-A Journal of the Human Environment, 1997, 26(1): 17-24.
- [3] Lal R. World soils and greenhouse effect[J]. IGBP Global Change Newsletter, 1999, 37: 4-5.
- [4] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. Science, 2004, 304: 1623-1627.
- [5] Guo L B, Gifford R M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis[J]. Global Change Biology, 2002, 8(4): 345-360.
- [6] 展茗, 曹贵贵, 汪洋, 等. 不同稻作模式下稻田土壤活性有机碳变化动态[J]. 应用生态学报, 2010, 21(8): 2010-2016.
- [7] 侯晓瑞. 黄土丘陵区土壤有机碳氮空间分布与储量研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [9] 中华人民共和国林业行业标准. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [10] 周莉, 李保国, 周广胜. 土壤有机碳的主导因子及其研究进展[J]. 地球科学进展, 2005, 20(1): 99-105.
- [11] 吴雅琼, 刘国华, 傅伯杰, 等. 青藏高原土壤有机碳密度垂直分布研究[J]. 环境科学学报, 2008, 28(2): 362-367.
- [12] 金峰, 杨浩, 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展[J]. 土壤, 2000(1): 11-17.
- [13] 黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川森林土壤有机碳储量空间分布特征[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1217-1225.
- [14] 季志平, 苏印泉, 贺亮. 黄土丘陵区人工林土壤有机碳的垂直分布特征[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(6): 54-57.
- [15] 田大伦, 方晰, 项文化. 湖南会同杉木人工林生态系统碳素密度[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2382-2386.
- [16] 谢宪丽, 孙波, 周慧珍, 等. 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.

Vertical Distribution of Soil Organic Carbon About Plants in Aohan County

WANG Xin¹, YAO Yun-feng¹, QIN Fu-cang¹, HAO Gang², CHANG Wei-dong³

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018; 2. Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018; 3. Water Conservancy Bureau of Aohan Country, Chifeng, Inner Mongolia 024300)

膨润土对水溶性磷钾肥在设施土壤中迁移转化影响研究

胡克伟

(辽宁农业职业技术学院 科技处, 辽宁 营口 115009)

摘 要:以膨润土为试材,采用恒温振荡试验初步研究了天然膨润土对水溶性磷、钾肥在设施土壤中迁移转化的影响,以期提高水溶性磷钾肥利用率的途径。结果表明:与对照相比添加膨润土显著降低了水溶性磷和水溶性钾的含量,同时增加了土壤有效钾和速效磷的含量。在富磷的设施土壤中添加膨润土提高了有效磷含量,减缓了磷无效化的进程;膨润土在设施土壤中作为钾库,可调节土壤钾素水平。

关键词:天然膨润土;磷酸二氢钾;设施土壤;迁移转化

中图分类号:S 143.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0152-03

磷、钾是植物生长发育所必需的大量元素。我国是一个相对缺钾的国家,钾肥对外依存度高达 75% 以上^[1]。任俊美^[2]认为钾肥的有效利用率为 50%~60%。同时,我国高品位磷矿储量不足,磷肥的当季利用率仅为 10%~20%。上述情况表明我国农田施用的磷、钾肥大部分残留于土壤中^[3-4]。设施栽培由于长期处于高集约化、高复种指数、高肥料施用量的生产状态下,导致设施土壤不仅肥料利用率低,而且引发农业土壤面源污染。因此提高磷钾肥在土壤中的利用率是解决上述问题的关键。

膨润土又称斑脱岩或膨土岩,它最早发现于美国的怀俄明州的古地层中,因加水后膨胀成糊状,后来人们就把这种性质的粘土,统称为膨润土^[5]。膨润土的主要成分为蒙脱石,由于蒙脱石具有独特的晶体结构和化学性质,使膨润土有较高的离子交换容量和很强的吸附能力^[6]。由于膨润土独特的空间结构和理化性质,膨润土施入土壤中,可以改善土壤的物理化学性质、防止养分

流失、改善水分状况、提高作物产量^[7-8],特别是应用在沙质土壤上,效果尤为突出;膨润土还可以吸持、钝化土壤中的重金属离子^[9],降低其生物有效性。因此国内外有关学者对膨润土进行了大量的研究,其在土壤改良领域中也得到了较为广泛的应用。然而,就目前研究而言,关于膨润土对设施土壤水溶性磷钾肥的迁移转化研究尚鲜见报道。因此,该试验研究了通过膨润土对水溶性磷、钾肥在设施土壤中迁移转化的影响,以期为提高磷钾肥的肥料利用率提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为棕壤,采自于辽宁农业职业技术学院内实训基地蔬菜日光温室,耕作表层(0~20 cm),风干,过 0.4 mm 尼龙筛备用。土壤理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of experimental greenhouse soil

有机质含量 /g · kg ⁻¹	速效磷含量 /mg · kg ⁻¹	有效钾含量 /mg · kg ⁻¹	碱解氮含量 /mg · kg ⁻¹	pH	阳离子交换量 /cmol · kg ⁻¹
9.5	21.8	336	84.2	6.97	12.5

供试膨润土为天然膨润土,采自辽宁省建平县的膨润土矿,过 0.18 mm 筛,膨润土成分用 X-衍射法进行测

作者简介:胡克伟(1972-),男,辽宁朝阳人,博士,副教授,现主要从事土壤化学和环境生态等研究工作。E-mail:hookerw@163.com.

基金项目:辽宁省高等学校优秀人才支持计划资助项目(LJQ2012103)。

收稿日期:2013-10-22

Abstract: Taking of *Populus simonii* and *Siberian Apricot* soil as the research objects, through field sampling, 15 soil profiles were collected, 225 soil samples were analyzed in order to study the vertical distribution of soil organic carbon rule. The results showed that except *Populus simonii* like extraterrestrial, soil organic carbon content and density decreased with soil depth, soil organic carbon reserves mainly concentrated in 40 cm above the soil.

Key words: Aohan county; soil organic carbon density; vertical distribution; soil organic carbon content