

贺兰山自然保护区灰榆林碳储量研究

蔡进军^{1,2}, 许浩², 张源润², 吴文良¹

(1. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193; 2. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002)

摘要: 灰榆林是贺兰山保护区面积最大的植被类型, 关于其有机碳储量的研究对评价贺兰山自然保护区生态服务功能具有重要意义。对贺兰山东麓灰榆林单株生物量及含碳量、林下生物量及含碳量、土壤有机碳进行了测定, 进而估算了灰榆林有机碳储量。结果表明: (1) 灰榆各部分含碳率有较大差异。树干含碳率最高, 嫩枝叶含碳率最低, 平均含碳率为 437.78 g/kg, 低于其他树种的含碳率。林下草本及细根有机碳密度 276.61 g/m²。(2) 林下土壤含碳率 15.82 g/kg, 有机碳密度 3.76 kg/m²; (3) 灰榆林平均有机碳密度为 4.72 kg/m², 每 1 hm² 碳储量约为 47.2 t, 土壤碳储量要显著高于植被碳储量。在植被稀疏的干旱区, 土壤环境条件有利于有机碳的累积, 土壤有机碳是干旱区重要的有机碳库。

关键词: 贺兰山; 灰榆; 碳储量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0255-04

中图分类号: S718.55

Carbon Storage of *Ulmus Glaucescens* Woodland in Helan Mountain Natural Reserve

CAI Jin-jun^{1,2}, XU Hao², ZHANG Yuan-run², WU Wen-liang¹

(1. College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

Abstract: The *Ulmus glaucescens* woodland is the largest vegetation type in the Helan Mountain natural reserve areas. Research on the organic carbon storage of the woodland is useful for evaluating ecological service functions of the area. The biomass, vegetation carbon content and soil organic carbon of the woodland were sampled and measured on the east side of Helan Mountains and the carbon storage was evaluated. The carbon contents varied in the different parts of *Ulmus glaucescens*. The trunk carbon content rate was higher than other parts and average carbon content of *Ulmus glaucescens* was 437.78 g/kg, lower than other forest species. The carbon density of understory and roots was 276.61 g/m². The soil carbon content was 15.82 g/kg, higher than other soil type, and the carbon density was 3.76 kg/m². Average organic carbon density of the woodland was 4.72 kg/m². Carbon storage per hectare was 47.2 t. Soil carbon storage was significantly higher than vegetation carbon storage. In the sparsely vegetated arid area, soil conditions are of benefit to the organic carbon accumulation. Soil organic carbon in arid zone is an important organic carbon pool.

Keywords: Helan Mountains; *Ulmus glaucescens*; carbon storage

森林是全球重要的碳库,除了林木,林下生物量及土壤有机碳也是构成森林碳库的重要组成部分。在全球变暖的态势下,森林的固碳功能日益受到人们的重视。全球森林生态系统贮存的总碳量约为 854~1 505 Gt,其中森林植被的碳储量为 359~766 Gt,汇聚着全球植被碳库的 86% 以上,及全球土壤碳库的 73%,每年固定的碳约占整个陆地生态系统的

2/3,在减少陆地生态系统碳收支不平衡中起着关键作用^[1]。中国森林植被碳库主要集中于东北和西南地区,占全国森林植被碳库总量的 1/2 以上,而人口密度较大的华东和中南地区以及干旱、半干旱的西北和华北地区森林碳库相对较小。中国森林的平均碳密度以西南、东北以及西北地区为大,因为这些地区森林多为生物量较高的亚高山针叶林,而中南、华东

收稿日期:2012-05-22

修回日期:2013-01-19

资助项目:国家自然科学基金项目“宁南退耕区农林生态系统土壤养分及碳通量特征研究”(40861028);宁夏自然科学基金项目“宁南退耕区不同土地利用类型土壤呼吸特征研究”(NZ0967);宁夏农科院自主研发项目“贺兰山自然保护区森林碳汇功能研究”(NK1105)

作者简介:蔡进军(1976—),男(汉族),宁夏回族自治区平罗县人,硕士,助理研究员,主要从事退化生态系统恢复技术研究。E-mail:nxyccai@163.com。

通信作者:吴文良(1961—),男(汉族),山东省昌邑市人,博士,教授,研究方向为生态学。E-mail:wuwenli@cau.edu.cn。

和华北地区森林受人类活动影响强度大,森林类型多为人工林,森林碳密度较低^[2]。

地处西北的干旱区分布着面积不等的森林植被,这也是构成中国森林碳库的重要组成部分。目前,针对东部地区森林植被固碳功能的研究较多,针对西部地区森林碳库的相关研究较少。虽然干旱区植被生物量少,但其分布广,面积大,其碳汇功能也不容忽视。灌木林地在中国具有广泛的分布,覆盖率约为 20%,然而,关于灌木这一重要群落碳平衡研究资料非常匮乏^[3]。贺兰山位于宁夏和内蒙古的交界处,是西北地区重要的生态屏障。在植被稀疏的西部地区,贺兰山是重要的生态功能区、珍惜动物栖息地和种质资源库,分布有青海云杉、油松、灰榆等类型的森林群落。灰榆疏林是贺兰山地区分布面积最大的植被类型,灰榆耐旱且生长缓慢,具有重要的保护价值。目前对贺兰山地区的研究多集中于植物群落学领域,对灰榆疏林碳储量的研究尚无报道。研究贺兰山灰榆的碳储量对了解贺兰山森林碳贮量、区域碳汇平衡和碳汇交易具有重要意义。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于贺兰山东麓,是典型的大陆性气候,年降雨量 230~600 mm,灰榆林分布区降雨量为 230~390 mm。在海拔 1 500~1 900 m 区域分布着灰榆疏林,林下主要是由短花针茅和灌木亚菊构成的荒漠草原植被。土壤以灰钙土和粗骨土为主,间杂有大量石砾,平均土层深度 51.2 cm。本研究选择位于汝箕沟灰榆疏林的山坡,监测其生物量和含碳量。

1.2 研究方法

灰榆疏林有机碳主要储存于地上林木、地表稀疏草本及地下根系和土壤中,取样分为 3 个部分:(1)灰榆,含地上部分和主根系(直径>2.0 cm 的根系);(2)地表生物及细根,由于地表草本非常稀疏,因此取样时挖掘过筛,分拣出草本和细根归为一类;(3)土壤有机碳,林下地表至岩石层的所有土壤。这样取样时粗根随树体挖掘,细根随土壤挖掘,基本可以涵盖生物量的各个部分。具体取样方法如下:选择 1 株成年灰榆植株(树高 6.22 m,地径 26 cm,年龄 65 a),砍伐并挖掘其主根系,按树干、枝条和叶(含嫩枝)、根系分别称重。各部分抽样带回实验室测定含水率和含碳率。

由于林下土壤含有大量石砾,因此采用挖掘方法取 3 个 1 m×1 m 样方内的土壤(深度直达岩石层),挖出样方内的土壤并过筛,分拣出石砾和地表草本、

根系,对样方内所有挖出的土壤、草本和细根分别称重,然后抽样带回实验室测定含水率和有机碳含量,所有抽样均为 3 个重复。

有机碳含量的测定:把抽样的植物体和土壤带回实验室在 80℃ 下烘干,置于室温下至恒重,测定其重量,计算含水率。然后把样品粉碎过筛,采用重铬酸钾—浓硫酸外加热氧化法测定其有机碳含量^[4-5]。

2 结果与分析

2.1 灰榆生物量及含碳量

由于树木各器官含水量和含碳率不同,因此,在调查生物量时依据其可能的含水量和木质部密度差异把灰榆树分为 4 部分:主干、枝条、嫩枝叶、根系。砍伐后分离 4 部分并称重,总生物量干重 187.86 kg。各部分重量(干重)百分比如图 1 所示。可以看出,树干、树枝和主根系是构成生物量的主体,比重分别为 36.4%,34.5%,27.8%,各占约 1/3,嫩枝叶所占生物量比重极小,仅为 1.3%。

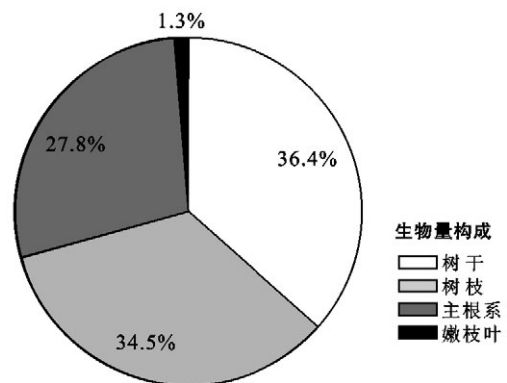


图 1 灰榆树各部分生物量构成

树体各部分的干重、含碳率和含碳量如表 1 所示,树干、树枝和主根系含碳率分别为 449.31、436.62 和 417.10 g/kg;嫩枝叶含碳率为 373.15 g/kg。可以看出,作为树体的主要组成部分,树干含碳率最高,其次为树枝和根系,嫩枝叶含碳率最低。全株总生物量为 187.86 kg,总含碳量为 82.24 kg,平均含碳率为 437.78 g/kg。在国内同类研究中,针叶类植物含碳率高于阔叶类植物,与其他地区的植物相比^[6-11],贺兰山灰榆含碳率略低。

表 1 灰榆树各部分含碳量

项目	树干	树枝	主根系	叶	合计
干重/kg	68.34	64.88	52.19	2.46	187.86
含碳率/(g·kg ⁻¹)	449.31	436.62	427.10	373.15	—
含碳量/kg	30.71	28.33	22.29	0.92	82.24

2.2 灰榆林下生物量及构成

灰榆林下生物量主要由根系和稀疏的草本构成,灰榆林下生物量及含碳率的测定结果如表 2 所示。在测定时由于粗根根系合计于林木生物量中,其林下生物量不含粗根,主要由地面草本植物及其地下根系构成,其所占比重分别为 17.91%和 82.09%,林下平均生物量仅为 679.04 g/m²,这也显示了其干旱的环境特点。根系含碳率为 433.44 g/kg,而草本为 287.80 g/kg。林下平均有机碳密度为 276.61 g/m²。与地上部分相比而言,地表及地下部分含碳量很低。

表 2 灰榆林林下生物量组成

项目	根系	草本	合计
生物量干重/(g·m ⁻²)	557.45	121.59	679.04
含碳率/(g·kg ⁻¹)	433.44	287.80	—
有机碳密度/(g·m ⁻²)	241.62	34.99	276.61

2.3 灰榆林土壤有机碳含量

土壤有机碳主要来源于植物、动物、微生物残体和根系分泌物,并处于不断分解与形成的动态过程,因此,土壤有机碳含量是生态系统在特定条件下的动态平衡值。灰榆林下土壤以粗骨土为主,土层较薄,有机碳含量低、养分少、水分条件差,还含有大量的石砾。剔除石砾以后,林下干土壤约为 247.09 kg/m²。对灰榆林下土壤取样测定含碳率结果如表 3 所示。由表 3 可见,灰榆林下土壤平均含碳率为 15.82 g/kg,土壤有机碳密度为 3.76 kg/m²。灰榆林林下土壤有机碳含量要高于黄土的有机碳含量^[12],而整个土层有机碳密度的测定结果低于其他森林类型的土壤有机碳密度^[6,12-17],也略低于曹吉鑫等^[18]对贺兰山灰榆林的测定值 4.34±0.13 kg/m²。这种土壤有机碳密度的差异可能反映了 2 种状况:(1)灰榆林土壤环境利于土壤有机碳的积累而不利于有机碳的分解,导致有机碳含量较高;(2)灰榆林下土层较薄(平均 51.2 cm)并且含有大量石砾,使有机碳总量较低,有机碳密度也较小。

表 3 灰榆林下土壤有机碳状况

土壤重量/ (kg·m ⁻²)	土壤风干重/ (kg·m ⁻²)	含碳率/ (g·kg ⁻¹)	有机碳密度/ (kg·m ⁻²)
247.09	237.98	15.82	3.76

2.4 灰榆林分碳储量估算

灰榆林分碳储量主要有地上部分、草本及根系、土壤有机碳 3 部分构成。灰榆林分稀疏,平均密度 100 m² 样地中有 1~6 株,平均 3 株^[19]。本研究在调查了多块样地灰榆地径,计算单位土地面积灰榆地径

面积比例,最后折算为所伐灰榆的密度为 83 株/hm²,依据此密度计算灰榆林分地上生物量的有机碳密度,结合地下生物量、土壤有机碳密度,计算灰榆林有机碳密度,结果如表 4 所示。可见,灰榆林土壤部分有机碳密度最高,而地上和根系部分有机碳密度很低,林分平均有机碳密度为 4.72 kg/m²,每 1 hm² 植被和土壤有机碳储量分别为 9.6 t 和 37.6 t,合计为 47.2 t。与其他地区林地同类研究结果相比,贺兰山灰榆林植被碳储量密度仅为 0.96 kg/m²,显著低于其他地区^[6,11,20-21],但土壤有机碳储量较高,是重要的有机碳库。相对于东部和西南地区的阔叶林,荒漠区灌木林碳储量显然很低。受限于降雨和土壤条件,灰榆林十分稀疏而且生长缓慢,其碳储量不及其他类型林分的 1/10。

表 4 灰榆林各部分有机碳密度 kg/m²

项目	灰榆	草本及根系	土壤	合计
有机碳密度	0.68	0.28	3.76	4.72

3 结论

(1) 贺兰山灰榆所处环境条件恶劣,生长速度缓慢,其平均含碳率为 437.78 g/kg,低于针叶树种,也略低于其他阔叶树种,这种含碳率的差异可能是由于恶劣的环境条件和树木的特性所造成的。灰榆林下草本极其稀疏,林下植物平均有机碳密度仅为 276.61 g/m²,而且主要是由根系构成。

(2) 灰榆林下土壤属于粗骨土,其石砾含量高,相比黄土、红壤和同类型区荒漠土壤,其土壤有机碳含量显著较高,达 15.82 g/kg,但由于砾石含量大,土层薄,总有机碳储量不高。土壤碳库是构成灰榆林分碳库的主要部分。

(3) 灰榆林虽然植被碳储量低,但是土壤有机碳储量较高,其整个林分的碳储量也不容忽视,林分平均有机碳密度可达 4.72 kg/m²。西部地区干旱少雨、植被稀疏,沙漠戈壁广布,干旱的疏林尤其是土壤是重要的有机碳库,在我国碳储量估算中不可忽视。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC. Land use, change, and forestry: A special report of the IPCC [M]. New York: Cambridge University Press, 2000.
- [2] 方精云, 陈安平. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义[J]. 植物学报, 2001, 43(9): 967-973.
- [3] Piao Shilong, Fang Jingyun, Ciais P, et al. The carbon balance of terrestrial ecosystems in China [J]. Nature, 2009, 458: 1008-1014.

- [4] 杭州大学化学系分析化学教研室. 分析化学手册(第二分册): 化学分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 1982.
- [5] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [6] 孟蕾, 程积民, 杨晓梅. 黄土高原子午岭人工油松林碳储量与碳密度研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(2): 133-137.
- [7] 马钦彦, 陈遐林, 王娟, 等. 华北主要森林类型建群种的含碳率分析[J]. 北京林业大学学报, 2002(6): 96-100.
- [8] 魏文俊, 王兵, 李少宁. 江西省森林植被乔木层碳储量与碳密度研究[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(5): 767-772.
- [9] 魏文俊, 尤文忠, 张慧东, 等. 辽宁省落叶松人工林生物量碳库特征[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(6): 26-29.
- [10] 黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川省及重庆地区森林植被碳储量动态[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 966-975.
- [11] 黄从德, 张健. 退耕还林地在植被恢复初期碳储量及分配格局研究[J]. 水土保持学报, 2007(4): 130-133.
- [12] 贾宇平, 苏志珠, 段建南. 黄土高原沟壑区小流域土壤有机碳空间变异[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 31-34.
- [13] 李忠武, 郭旺, 王晓燕, 等. 南方红壤丘陵区不同土地利用方式下土壤有机碳分布特征及其与草本生物量的关系[J]. 应用生态学报, 2012, 23(4): 867-874.
- [14] 傅华, 陈亚明, 王彦荣, 等. 阿拉善主要草地类型土壤有机碳特征及其影响因素[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 469-476.
- [15] 彭守璋, 赵传燕, 郑祥霖, 等. 祁连山青海云杉林生物量和碳储量空间分布特征[J]. 应用生态学报[J], 2011, 22(7): 1689-1694.
- [16] 杨万勤, 冯瑞芳. 中国西部 3 个亚高山森林土壤有机层和矿物质碳储量和生化特性[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4157-4165.
- [17] 田玉强, 欧阳华, 徐兴良, 等. 青藏高原土壤有机碳储量与密度分布[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 933-942.
- [18] 曹吉鑫, 孙向阳, 高程达, 等. 宁夏贺兰山三种植被下土壤有机碳密度的比较[J]. 生态环境, 2008, 17(4): 1641-1644.
- [19] 田连恕, 江源. 贺兰山的灰榆林与灰榆疏林草原[J]. 宁夏大学学报, 1992, 13(1): 63-70.
- [20] 王祖华, 刘红梅, 关庆伟, 等. 南京城市森林生态系统的碳储量和碳密度[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(4): 18-22.
- [21] 邓蕾, 上官周平. 秦岭宁陕县森林植被碳储量与碳密度特征[J]. 西北植物学报, 2011, 31(11): 2310-2320.

(上接第 94 页)

- [4] Shao Quanxi, Zhang Lu, Chen Yongqin, et al. A new method for modelling flow duration curves and predicting streamflow regimes under altered land-use conditions[J]. Hydrological Sciences Journal, 2009, 54(3): 606-622.
- [5] Vogel R M, Fennessey N M. Flow-duration curves: I. New interpretation and confidence intervals[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1994, 120(4): 485-504.
- [6] Vogel R M, Fennessey N M. Flow duration curves: II. A review of applications in water resources planning [J]. Water Resources Bulletin, 1995, 31(6): 1029-1039.
- [7] Smakhtin V U. Generation of natural daily flow time-series in regulated rivers using a non-linear spatial interpolation technique [J]. Regulated Rivers: Research and Management, 1999, 15(4): 311-323.
- [8] Junaid A P. Evaluation of low flow estimation techniques for ungauged catchments[J]. Water and Environment Journal, 2007, 21(1): 41-46.
- [9] Brown A E, Zhang Lu, McMahon T A, et al. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation[J]. Journal of Hydrology, 2005, 310(1/4): 28-61.
- [10] Lane P N J, Best A E, Hickel K, et al. The response of afforestation on flow duration curves[J]. Journal of Hydrology, 2005, 310(1/4): 253-265.
- [11] 耿玉琴. 太湖流域降雨时空分布规律分析[J]. 海河水利, 2003(3): 33-35.
- [12] Sene K J, Marsh T J, Hachache A. An assessment of the difficulties in quantifying the surface water resources of Lebanon[J]. Hydrological Sciences Journal, 1999, 44(1): 79-96.
- [13] 尹义星, 许有鹏, 陈莹. 太湖流域典型区 50 年代以来极值水位时空变化研究[J]. 地理研究, 2011, 30(6): 1077-1088.