宁夏贺兰山主要森林树种的含碳率分析

季 波[1,2], 何建龙[1], 李 娜[1], 蔡进军[1], 许 浩[1], 张源润[1]

(1. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室/西北土地退化与生态恢复省部共建国家重点实验室培育基地/西部生态与生物资源开发联合研究中心, 宁夏 银川 750021)

摘 要: [目的] 分析宁夏自治区贺兰山自然保护区 4 种主要森林树种青海云杉、油松、灰榆、山杨不同器官的含碳率, 为更大区域森林碳储量研究提供参考。[方法] 通过实地调查取样、室内实验测定及生物量资料对这 4 种主要林分地上部分平均含碳率进行了测定分析。[结果] 宁夏贺兰山 4 种主要森林树种青海云杉、油松、山杨和灰榆, 林分的地上部平均含碳率分别为: 0.457 6, 0.518 4, 0.466 4 和 0.439 0。同一树种不同组分间的变异系数在 1.30%～2.57%间, 相同组分的变异系数在 0.62%～1.92%间; 不同树种不同组分变异系数在 0.89%～5.68%间, 不同树种相同组分变异系数在 4.87%～13.37%间。[结论] 不同森林类型林分含碳率不同。针叶树种各器官的平均含碳率高于阔叶树种, 相应的针叶林分的平均含碳率也高于阔叶林。

关键词: 宁夏地区; 贺兰山自然保护区; 森林树种; 含碳率

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2015)02-0332-04 **中图分类号**: S718.55

Carbon Content Rate Analysis in Main Tree Species of Forest in Helan Mountain of Ningxia Area

JI Bo[1,2], HE Jianlong[1], LI Na[1], CAI Jinjun[1], XU Hao[1], ZHANG Yuanrun[1]

(1. *Institute of Desert Manage, Ningxia Agriculture and Forestry Science Academy, Yinchuan, Ningxia* 750002, *China*; 2. *Education Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-western China/Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration of North-western China/Union Research Center for Ecology and Exploitation of Biological Resources in Western China, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*)

Abstract: [Objective] This paper aimed to quantify the carbon content rate(CCR) of different organs of four main tree species (*Picea crassifolia*, *Pinus tabuliformis*, *Populus davidiana* and *Ulmus glaucescens*) of forest in Helan Mountain, in order to provide reference for study of carbon storage in larger scale regional forest. [Methods] CCR of above-ground part was measured using the methods of the field investigation, laboratory assay and the links of it with biomass were analyzed with corresponding coupled biomass data. [Results] The results showed that the values of CCR of above-ground part of four tree speices, *Picea crassifolia*, *Pinus tabulaeformis*, *Populus davidiana and Ulmus glaucescens* were 0.457 6, 0.518 4, 0.421 3 and 0.439 0, respectively. In a same tree species, the variation coefficients of different modules were between 1.30% and 2.57%, the values of same module were between 0.62% and 1.92%; the variation coefficients of different modules among the four different trees were between 0.89% and 5.68%, the coefficients of same module of the four different tress ranged between 4.87% and 13.37%. [Conclusion] Different tree species have different carbon CCR. The average CCR in the organs of coniferous species was higher than that in the broadleaf species. Accordingly, the average CCR in the coniferous forest was higher than that in the broadleaf forest.

Keywords: Ningxia area; Helan Nature Reserve; tree species of forest; carbon content rate

收稿日期: 2014-03-20 **修回日期**: 2014-04-08

资助项目: 宁夏农林科学院自主研发项目"贺兰山自然保护区森林碳汇功能研究"(NK1105); 宁夏自然科学基金项目(NZ13120)

第一作者: 季波(1982—), 女(汉族), 宁夏回族自治区青铜峡市人, 硕士研究, 助理研究员, 主要从事生态学等方面的研究。E-mail: nxjibo311@163.com。

通信作者: 张源润(1960—), 女(汉族), 甘肃省兰州市人, 学士, 研究员, 主要从事森林生态学等研究。E-mail: zhangyuanrun@163.com。

大气 CO_2 浓度增加引起的全球气候变暖,已成为当今世界关注的重大环境问题[1-2]。据统计,全球森林生态系统中贮存的总碳量约为 854～1 505 Gt(1 Gt=10^9 t),其中森林植被的碳储量约为 359～766 Gt,汇聚着全球植被碳库的 86%以上的碳,及全球土壤碳库的 73%的碳,在缓解大气 CO_2 升高及调节全球气候方面具有举足轻重作用[1,3]。研究[3]表明,林木每生长 1 m^3,平均约吸收 1.83 t 二氧化碳,放出 1.63 t 氧气,陆地生态系统与空气交换 CO_2 的 90%发生于森林。因此,森林保护对减缓全球变暖有着重要意义。不同森林生态系统由于其所处地理位置不同,气候、土壤、物种构成差异很大,其碳汇功能也各不相同[4]。然而由于森林类型的多样性、结构的复杂性,至今对森林生态系统碳储量估算中,大多采用 45.0%或 50.0%作为所有森林植被类型的平均含碳量,使得目前对森林生态系统碳储量及碳汇能力的估算无论是在区域尺度上还是国家尺度上都存在极大的不确定性[5]。事实上不同植物及同一植物的不同器官中的碳元素含量是有差别的,为了能精确估算区域和国家尺度上的森林碳储量,有必要对该区域各主要森林类型的含碳率分别进行测定和分析[6]。

贺兰山自然保护区是宁夏自治区 3 大天然林区之一,地处我国温带草原区与荒漠区的过渡地带,是银川平原的天然屏障和水源涵养区,保存着西北干旱区较为罕见的天然森林生态系统。尤其作为我国温性针叶树油松的分布西界和寒温性针叶树青海云杉的分布东界[7],开展该区森林生态系统主要优势树种含碳量研究,比较其不同器官及树种含碳率间的差异,可为更大区域森林碳储量研究提供参考,现实意义重大。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

宁夏贺兰山自然保护区位于宁夏银川平原和阿拉善高原之间,地理位置为 105°49′—106°41′E,38°19′—39°22′N,处于我国温带草原区与荒漠区的过渡地带,是我国西北干旱区保存较为完整的天然森林生态系统,具有温带草原区、荒漠区和山地森林区镶嵌分布的气候特征,年均降水量约在 230～600 mm 之间,年均蒸发量约为 2 000 mm[7-8]。青海云杉(*Picea crassifolia*)林分布于海拔 2 400～3 100 m 的地带,该地带降雨量 350～450 mm,林下土壤以灰褐土为主,地表有较厚的苔藓层覆盖。油松(*Pinus tabulaeformis*)林分布于 2 000～2 400 m 的地带,该地带降雨量 250～350 mm,林下土壤为灰褐土和灰钙土,部分区域有油松与山杨(*Populus davidiana*)、杜松(*Juniperus rigida*)等乔木,虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)、小叶忍冬(*Lonicera microphylla*)、小檗(*Berberis dubia*)等灌木混杂,林下有苔草(*Carex*)、早熟禾(*Poa* spp.)等草本植物。灰榆(*Ulmus glaucescens*)林分布于海拔 1 500～1 900 m,降雨量约 230～390 mm 的区域,林下植被主要是由短花针茅(*Stipa breviflora*)和灌木亚菊(*Ajania fruticulosa*)构成的荒漠草原,土壤以灰钙土和粗骨土为。山杨(*Populus davidiana*)多分布于海波 1 800～2 000 m 的山地阴坡及山谷中,多与油松、白桦等树种混交。

1.2　样品的采集、处理与测试

样地选择依据森林资源调查和相关研究资料,在 2011—2013 年的 7,8 和 9 月份进行野外采样,依据地形坡度、海拔高度、森林林组、森林长势等因子,选择具有代表性的样地。样地内采用每木检尺的方法,获取胸径、树高、枝下高、冠幅等数据。并选取标准木,采用收获法,分别对青海云杉、油松、灰榆和山杨 4 种主要树种乔木层标准木的根、干、枝、叶各器官进行采样,各部分分别取 500 g 进行内分析测定。采集的所有样品带回室内,放入 85 ℃的恒温箱中烘至恒重后,全部粉碎过筛,用于有机碳含量的测定。

样品的有机含碳率测定采用湿烧法(重铬酸钾—硫酸氧化法)进行样品分析[9],每次测 3 个平行样,测定结果取平均值。

1.3　林分平均含碳率的计算

由于不同树种其各组分的含碳率值存在着一定的差异,单株或林分各组分的生物量在总生物量中所占的权重也不尽不同,因此,以每个树种各组分含碳率的算术平均值作为该树种或由该树种所组成的林分的平均含碳率值并不能真实地反映实际情况。只有根据各组分的生物量权重计算林分的平均含碳率,才能真实地反映其实际平均水平及每一组分在平均值中的贡献,林分的平均含碳率用式(1)—(2)进行计算[6,10]。

$$P=\frac{1}{n}\sum_{i-1}^{n}P_i \tag{1}$$

$$P_i=\frac{\sum Z_{ij}P_{ij}}{\sum Z_{ij}} \tag{2}$$

式中:P——某种林分的平均含碳率;P_i——某种林分的第 i 块标准地的生物量加权平均含碳率;W_{ij}——第 i 块标准地上的第 j 组分的生物量;P_{ij}——第 i 块标准地上的第 j 组分的含碳率;i=1,2,…,n;j=干、枝、叶、根。

2 结果与分析

2.1 相同树种各组分含碳率特征

以油松为例，分析比较了3个不同样方中的相同树种油松各器官的含碳率（表1）。由表1可以看出，同一树种相同组分之间的含碳率变化幅度都不大，但不同组分之间有所差异，其不同组分间的变异系数最大的为3.33%，最小的为1.30%。不同组分间，油松叶的含碳率普遍高于其他器官含碳率，最高为0.548 2，树干木材的含碳率相对低于其他器官的含碳率，最低的为0.511 9。相同组分间的变异系数比较接近，最大为1.92%，最小的为0.62，这为林分含碳率计算提供了前提（其他树种经过试验分析，得到相似结论）。

表1 不同样地油松各组分含碳率

树种	含碳率					变异系数/%
	木材	树皮	枝	叶	地上部平均值	
油松1	0.512 4	0.526 8	0.508 1	0.530 0	0.519 3	2.57
油松2	0.515 1	0.530 1	0.519 7	0.530 8	0.523 9	1.30
油松3	0.511 9	0.523 5	0.527 8	0.548 2	0.527 9	3.33
平均值	0.513 1	0.526 8	0.518 5	0.536 4	0.523 7	1.93
变异系数/%	1.30	0.62	1.91	1.92	0.82	—

2.2 不同树种各组分含碳率特征

不同树种组分的含碳率分析测定结果如表2所示。宁夏贺兰山自然保护区主要森林树种各器官平均含碳率在0.363 6～0.536 4之间，总体平均值为0.463 7。不同树种同一器官的平均含碳率基本的变化趋势表现为：树干木材＞树枝＞树叶＞树皮＞树根。

不同树种不同器官的含碳率水平来看，油松叶的含碳率最高，为0.536 4，灰榆皮的含碳率最低，为0.363 6。其中，青海云杉各器官的平均含碳率表现为：树干木材＞树叶＞树皮＞树枝＞树根；油松各器官的平均含碳率表现为：树叶＞树皮＞树枝＞树根＞树干木材；山杨各器官的平均含碳率表现为：树皮＞树枝＞树干木材＞树根＞树叶；灰榆各器官的平均含碳率表现为：树干木材＞树根＞树枝＞树叶＞树皮。总体上，同一树种各组分之间的含碳率变化幅度不大（图1）。

从不同森林树种的角度来看，针叶树种各组分的平均含碳率高于阔叶树种。针叶树各器官地上部分的平均含碳率为0.482 6，阔叶树种地上部分平均含碳率为0.441 2，针叶树种各器官地上部分的平均含碳率高出阔叶树种地上部分的平均含碳率1.64%～6.39%，这可能与树种自身的生物学特性有关。

表2 宁夏贺兰山主要森林树种各组分的含碳率

树种	树干含碳率		树冠含碳率		地上部平均含碳率	变异系数/%
	木材	树皮	枝	叶		
青海云杉	0.480 0±0.038 6	0.440 2±0.024 1	0.438 2±0.024 9	0.452 4±0.006 3	0.452 7	4.25
油松	0.513 1±0.006 7	0.526 8±0.003 3	0.518 5±0.009 9	0.536 4±0.010 3	0.523 7	1.94
山杨	0.464 9±0.005 2	0.469 9±0.013	0.467 7±0.001 6	0.460 3±0.006 8	0.465 7	0.89
灰榆	0.462 3±0.015 1	0.363 6±0.009	0.427 6±0.009 5	0.386 5±0.015 4	0.410 0	5.68
平均含碳率	0.478 0±0.016 4	0.460 2±0.012 4	0.464 2±0.011 5	0.461 8±0.009 7	0.466 1	2.37
针叶树平均	0.486 0±0.022 7	0.485 0±0.013 7	0.472 2±0.017 4	0.487 3±0.008 3	0.482 6	—
阔叶树平均	0.466 1±0.010 2	0.423 1±0.011 0	0.452 2±0.005 6	0.423 4±0.011 1	0.441 2	—
变异系数/%	4.87	13.12	8.79	13.37	10.14	—

2.3 林分的平均含碳率特征

由表1的测定结果可知，同一树种不同组分的含碳率值是有一定差别的，以每个树种各组分含碳率的算术平均值作为该树种或由该树种所组成的林分的平均含碳率值并不能真实地反映实际情况，因为单株或林分各组分的生物量在总生物量中所占的权重不同，应根据各器官生物量的权重来计算该森林类型林分平均含碳率[11-12]。尽管树种各组分生物量在总生物量中所占的比例随树种的年龄、气候条件、立地条件等变化而变化，但林分按生物量加权的平均含碳率受这些因素的影响却很小，是一个相当稳定的值。由表1可知，宁夏贺兰山同一树种相同器官的含碳率基

本相同。由表 3 可知,林分按生物量加权的平均含碳率值是一个相当稳定的值。从变动系数可以看出其平均含碳率的变化幅度是非常小的。表 2 中的 4 种林分类型的地上部分平均含碳率变异系数均在1.5%以内。也可明显看出,针叶林含碳率值要大于阔叶林,2 种针叶树林分平均含碳率为 0.490 0,两种阔叶树种林分平均含碳率为 0.452 7,针叶树较阔叶树高 8.24%。

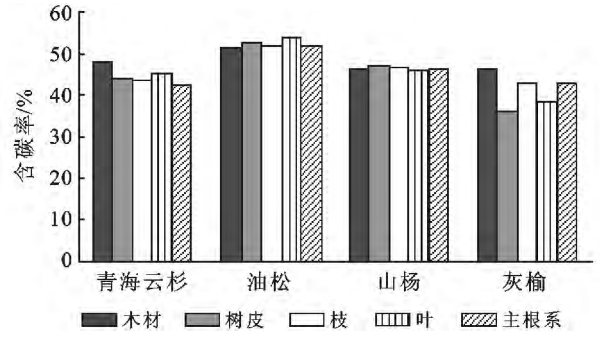


图 1　不同树种各器官含碳率比较

表 3　主要森林树种地上部分按生物量加权的林分含碳率

森林类型	地上部平均含碳率/%	变异系数/%
青海云杉	0.457 6	0.697
油松	0.518 4	0.713
山杨	0.466 4	1.450
灰榆	0.439 0	0.740

3　结 论

(1) 根据各器官生物量的权重来计算森林类型林分平均含碳率的值与每个树种各器官含碳率的算术平均值具有差异。宁夏贺兰山 4 中主要的森林类型青海云杉、油松、山杨和灰榆林分的地上部平均含碳率分别为 0.457 6,0.518 4,0.466 4 和 0.439 0。其中 2 种针叶树林分平均含碳率为 0.490 0,2 种阔叶树种林分平均含碳率为 0.452 7,针叶树较阔叶树高8.24%。由这些参数可知,不同森林类型具有不同含碳率值,单纯以 0.45 或 0.5 作为该区平均含碳率转换系数来估算碳储量,都存在一定的误差。

(2) 宁夏贺兰山 4 种主要森林树种,同一树种不同组分之间有所差异。以油松为例,不同组分间的变异系数在 1.30%～2.57%间,相同组分的变异系数在 0.62%～1.92%间,相同组分间变异系数较小。不同树种相同组分变异系数在 4.87%～13.37%间,不同树种不同组分变异系数在 0.89～5.68 间。

(3) 本研究中针叶树种青海云杉、油松的平均含碳率与其他研究学者的研究结果相比较,油松含碳率(0.518 4)与马钦彦等[12]研究的华北区油松的含碳率(0.510 5)、刘维等[11]研究的北京鹫峰森林公园油松含碳率(0.516 1)相接近,青海云杉的含碳率低于王金叶等[13]研究的祁连山区青海云杉含碳率(0.521 2),低于马钦彦等的研究红皮云杉的含碳率(0.511 8)。因此,在进行区域碳储量估算时,应考虑到这些差异,根据实际情况选择合适的含碳率。

[参 考 文 献]

[1] 薛立,薛晔,列淦文,等. 不同坡位杉木林土壤碳储量研究[J]. 水土保持通报,2012,32(6):43-46.

[2] Reay D S. Climate change for the masses[J]. Nature, 2008,452(7183):31.

[3] IPCC. Land Use, Land-use Change, and Forestry: A Special Report of the IPCC[M]. New York: Cambriage University Press, 2000.

[4] 许浩,张源润,胡天华,等. 宁夏贺兰山自然保护区油松林碳储量及分布格局[J]. 生态环境学报,2013,22(11):1785-1789.

[5] 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.

[6] 王金亮,王小花,岳彩荣,等. 滇西北香格里拉森林 4 个建群种的含碳率[J]. 生态环境学报,2012,21(4):613-619.

[7] 朱源,康慕谊. 贺兰山灰榆群落的种间关联、排序及分类研究[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(4):160-165.

[8] 王斌,周志宇,张冈. 贺兰山西坡不同海拔梯度上土壤—植物系统磷相关性的研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(35):17630-17634,17674.

[9] 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,2000:229-237.

[10] 程堂仁. 甘肃小陇山森林生物量及碳储量研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.

[11] 刘维,张晓丽,马菁. 鹫峰国家森林公园主要乔木树种含碳率分析[J]. 西北林学院学报,2011,26(5):214-218.

[12] 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,2002,24(5/6):96-100.

[13] 王金叶,车克钧,蒋志荣. 祁连山青海云杉林碳平衡研究[J]. 西北林学院学报,2000,15(1):9-14.