

李娜,马生虎,王继飞,等.宁夏贺兰山灰榆林的有机碳储量研究[J].江苏农业科学,2016,44(10):251-254.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.069

宁夏贺兰山灰榆林的有机碳储量研究

李娜¹,马生虎²,王继飞³,何建龙¹,许浩¹,季波¹

(1.宁夏农林科学院荒漠化治理研究所,宁夏银川 750002; 2.宁夏农垦贺兰山奶业公司,宁夏中宁 750000;
3.宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局,宁夏银川 750021)

摘要:灰榆(*Ulmus glaucescens*)是分布于宁夏贺兰山东坡海拔 1 500~2 100 m 垂直范围内一个独特的植被类型,也是该区域唯一一种在野生状态下生长的阔叶乔木,对维持区域生态平衡发挥着重要的作用。以宁夏贺兰山大面积分布的灰榆林(包括灰榆疏林)为对象,从乔木层、灌木层、地被层、土壤层 4 个层次,采用标准木生物量法对灰榆林碳储量及其分布特征进行研究,结果表明,宁夏贺兰山灰榆林总有机碳储量为 24.863 万 t,其中,大水沟管理区、马莲口管理区、红果子管理区、苏峪口管理区碳储量分别为 17.141 万、3.237 万、2.132 万、2.353 万 t,总体表现为大水沟管理站>马莲口管理站>苏峪口管理站>红果子管理站;土壤层是灰榆林主要的有机碳库,占总储量的 80.87%,碳储量空间分布特征总体表现为土壤层>乔木层>地被层>灌木层。

关键词:灰榆;含碳率;固碳能力;宁夏贺兰山;碳储量;分布特征

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0251-03

大气 CO₂ 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],而森林生态系统在调节大气 CO₂ 浓度及全球气候变化方面具有非常重要的作用^[1]。据统计,森林生态系统生物量约占整个陆地生态系统生物量的 90%,其碳储量约占陆地生态系统碳储量的 46%^[3],对森林生态系统的研究已逐渐成为当代生态学研究的一个重要领域^[4-5]。我国对森林植被碳储量的研究起步相对较晚,主要局限于我国中南部个别地区^[6],且大多是进行国家或区域大尺度的研究,多采用 0.45 或 0.50 作为森林植被类型的平均含碳量转换系数进行森林植被碳储量的估算,这使得很多研究结果存在很大的不确定性^[6-7]。

宁夏贺兰山自然保护区地处我国温带草原与荒漠的过渡地带,是宁夏三大自然林区之一,也是腾格里沙漠、毛乌素沙漠以及乌兰布和沙漠的分界线,构成了宁夏银川平原的天然屏障。宁夏贺兰山自然保护区独特的地理位置,使贺兰山发育有茂密的天然森林植被、丰富的动植物资源等,成为我国干旱与半干旱地区具有代表性的山地自然生态系统^[8-9],资料统计显示,目前宁夏贺兰山森林覆盖度达到 14.3%。灰榆(*Ulmus glaucescens*)是广泛分布于宁夏贺兰山海拔 1 500~2 100 m 垂直范围内一个独特的植被类型,也是野生状态下生长于该区域的唯一一种阔叶乔木,对宁夏贺兰山水土保持、降低土壤侵蚀、提供绿色物质和生物栖息地等起非常重要的生态作用,对维持贺兰山生态稳定有着重要的意义。本试验

以宁夏贺兰山为研究区域,选取最有代表性的一种森林植被灰榆林为研究对象,探讨宁夏小区域、小尺度灰榆林的固碳能力,不仅为干旱区特有的植被类型碳储能力提供基础数据,而且为宁夏贺兰山森林生态服务功能评价提供数据参考。

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,是我国温带草原区与荒漠区的过渡地带,地理位置为 105°49'~106°41'E、38°19'~39°22'N,年降水量为 200~400 mm,最高降水量达 627.5 mm,6—8 月降水相对最为集中,年均蒸发量约为 2 000 mm^[10-11],呈温带草原、荒漠和山地森林镶嵌分布的气候特征,是我国保存较为完整的西北干旱区天然森林生态系统之一。宁夏贺兰山海拔 1 500~2 100 m 区域是灰榆林的主要分布地带,土壤以灰钙土、粗骨土为主,间杂有大量砾石,降水量为 200~300 mm,林下植被主要是由灌木亚菊和短花针茅构成的荒漠草原。

1.2 样品采集

1.2.1 植被样品的采集 采用生物量样地清查法:2013—2014 年,在每年 7—9 月林木生物量最大时,配合疏林工程并获得采伐批准,在灰榆研究区设置 30 m×30 m 标准样地;采用每木检尺方法,对每株乔木实测胸径和树高,依此选取标准木;采用截伐收获标准木各器官生物量,抽取样品实测鲜质量,带回实验室烘干,计算干湿比,确定单株干质量;烘干样品粉碎过筛,用于测定有机碳含量。林下灌木采用收获法:在 30 m×30 m 标准样地内设置 10 m×10 m 小样地,再在每个小样地的对角线上设置 2 m×2 m 样方,采用挖掘法收获样方内所有优势种灌木的地上和地下生物量,测定其鲜质量;抽取样品带回实验室烘干,以测定干质量及有机碳含量。

1.2.2 土壤和根系样品的采集 每个样地按照上、中、下 3 个坡位,每个位置设定 1 m×1 m 样方进行随机取样,重复 3

收稿日期:2015-07-31

基金项目:宁夏自然科学基金(编号:NZ13120);宁夏农林科学院科技创新先导资金(编号:NKYJ-15-18)。

作者简介:李娜(1981—),女,宁夏石嘴山人,助理研究员,从事生态学研究。E-mail:nxlna2000@163.com。

通信作者:季波,硕士,助理研究员,从事生态学研究。E-mail:nxjibo311@163.com。

次。由于灰榆林林下土壤砾石含量较多,无法采用环刀取样,故采用挖掘方法采集土样。采样时,挖取样方内深度直达岩石层的所有土壤,过 5 mm 筛并称质量,同时,挑出林木、草本等根系并分别称质量。抽取部分样品带回实验室,以测定含水率和有机碳含量。

1.3 有机碳含量测定

将抽取的植物及枯枝落叶等样品置于干燥箱中 75 ℃ 烘干至恒质量,测得样品干质量,计算干湿比,确定单株干质量,干燥样品粉碎处理,过 60 目筛;土壤样品置于干燥箱中 105 ℃ 烘至恒质量,测得样品干质量,研磨过 100 目筛。过筛样品均采用重铬酸钾外加热法^[12]测定有机碳含量。

1.4 林分平均含碳率的计算

由于树种不同,各器官及各组分的含碳率必然不同,各组分生物量及林分生物量占总生物量的比重也会不同。因此,单一以某个树种器官或组分的平均含碳率作为该树种的平均含碳率,或者是该树种林分的平均含碳率,均不能真实反映和代表其含碳率的实际水平。为更加准确、真实地反映林分平均含碳率的实际水平,林分的平均含碳率^[13-14]计算公式为:

$$W_i = \frac{\sum Z_{ij} W_{ij}}{\sum Z_{ij}};$$
$$\overline{W} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i。$$

式中: i 为标准样地编号,为 1,2,⋯, n ; j 表示组分,分别为干、枝、叶、根; W 为某种林分的平均含碳率值; W_i 为第 i 块标准样地该种林分的生物量加权平均含碳率; Z_{ij} 为第 i 块标准地第 j 组分的生物量; W_{ij} 为第 i 块标准地第 j 组分的含碳率值。

1.5 碳储量的估算

1.5.1 林木碳储量 林木单位面积碳储量估算主要依据林分调查的径阶分布、林木密度和单株含碳率的线性关系进行估算,计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^n \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2;$$
$$N = S / \pi \left(\frac{d'}{2} \right)^2;$$
$$C_t = N \times V / A。$$

式中: S 为调查样地内的林木总胸径面积; d 为胸径, d' 为标准株胸径,灰榆以地径计; n 为调查总数; N 为等价标准株数,即样地胸径总面积与标准株胸径面积的比值; C_t 为林木碳储量; V 为标准株含碳量; A 为调查面积。

1.5.2 林分碳储量 植被碳储量可根据生物量、植物含碳量、植被类型或林分类型面积 3 个参数进行计算,公式为:

$$V_c = \sum_{i=1}^n (B_i \times R_i \times S_i)。$$

式中: B_i 为生物量; R_i 为含碳率; S_i 为某一类型植被的面积。

1.5.3 土壤碳储量 土壤有机碳储量可根据土壤有机碳含量、土壤密度、土壤深度、面积 4 个参数进行计算,公式为:

$$SOC = \sum_{i=1}^n (C_i \times d_i \times h_i);$$
$$S_c = \sum_{i=1}^n (SOC_i \times S_i)。$$

式中: SOC 为某类型土壤有机碳储量; i 表示土壤层次; C_i 表示土壤有机碳含量; d_i 表示土壤密度; h_i 表示土壤深度; S_i 表示该类型土壤面积。

2 结果与分析

2.1 灰榆林林木的碳储量构成特征

由表 1 可知,灰榆各器官的平均含碳率以树干木材最高,为 0.462,树皮最低,为 0.364,各器官含碳率总体表现为树干木材 > 树根 > 树枝 > 树叶 > 树皮;根据各器官生物量权重进行计算,灰榆地上部分平均含碳率为 0.439,因此,通常采用 0.45 或 0.5 作为含碳率的统一指标来计算某一植被类型的碳储量会存在误差;灰榆乔木层的碳储量为 8.917 t/hm²,其中地上部分碳储量为 6.115 t/hm²,占总碳储量的 68.58%,地下根系碳储量为 2.802 t/hm²,占总碳储量的 31.42%;乔木层各组分碳储量总体表现为木材 > 根系 > 树枝 > 树皮 > 树叶,其中,树干木材、树枝和树根在总碳储量中占主体优势,占总碳储量的 89.13% (图 1),这与林分各组分生物量的分布规律相一致。

表 1 灰榆各组分的含碳率及碳储量

部位	含碳率	碳储量 (t/hm ²)
树干:木材	0.462 ± 0.015 1a	3.008
树皮	0.364 ± 0.009 0c	0.754
树冠:枝	0.428 ± 0.009 5b	2.138
叶	0.386 ± 0.015 4c	0.215
地上部平均	0.419 ± 0.002 2b	
林分:地上部分	0.439	6.115
主根系(地下部分)	0.430 ± 0.003 7b	2.802
合计		8.917

注:不同器官含碳率数值后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$);统计变异系数为 5.68%。

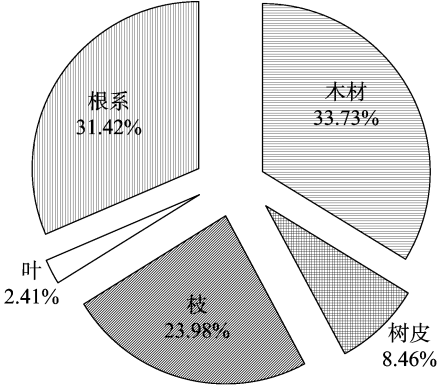


图1 灰榆各组分碳储量的分配比例

2.2 灰榆林林下灌木及地被层固碳能力

2.2.1 林下灌木含碳率差异 由表 2 可见,4 种主要灌木的地上部分平均含碳率为 0.469 4;酸枣地上部分的平均含碳率相对最高,为 0.510 5,其次为刺玫,其地上部分的平均含碳率为 0.506 5,与酸枣之间差异不显著;锦鸡生地上部分的平均含碳率显著低于其他 3 种主要灌木。

2.2.2 林下灌木及地被层固碳量 由表 3 可见,灰榆林林下灌木层、地被层的碳储量分别为 0.117、2.918 t/hm²,灌木层地上部分的碳储量在总碳储量中占主体地位;灌木层地上、地下部分的碳储量分别占灌木层总碳储量的 71.36%、28.64%;地被层地上、地下部分的碳储量在总碳储量中所占比重与灌木层相反,其地下部分的碳储量所占比重相对较大,占总碳储量的 83.17%。

表 2 灰榆林林下主要灌木地上部分的含碳率

灌木名称	地上部分平均含碳率	变异系数 (%)
锦鸡生	0.437 3 ± 0.001 8c	0.404
酸枣	0.510 5 ± 0.007 1a	0.139
刺玫	0.506 5 ± 0.007 1a	0.140
次生小灰榆	0.497 1 ± 0.000 4b	0.085
平均含碳率	0.469 4 ± 0.030 5	6.505

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

表 3 灰榆林林下灌木层和地被层的碳储量

层次	地上部分		地下部分		合计碳储量 (t/hm ²)
	碳储量 (t/hm ²)	所占比重 (%)	碳储量 (t/hm ²)	所占比重 (%)	
灌木层	0.083 7	71.36	0.033 6	28.64	0.117 3
地被层	0.491 0	16.83	2.426 8	83.17	2.917 8

2.2.3 林下土壤层固碳能力 经调查发现,灰榆林林下土壤砾石含量较多,质地较粗,没有明显的层次区别,土层平均厚度为 40.25 cm;灰榆林分布较为稀疏,对风成沉积物的滞留作用相对较弱,加之土壤侵蚀作用,对土壤的累积非常不利。经测试分析,林下土壤有机碳含量为 21.61 g/kg,碳储量为 50.53 t/hm²,与同属荒漠区的沙地有机碳含量 4.31 g/kg^[15]相比,灰榆林土壤有机碳含量明显高于沙地,也高于黄土 0~90 cm 土层的有机碳含量(3.8~28 g/kg)^[16]。

2.3 宁夏贺兰山灰榆林的碳储量及其构成特征

2.3.1 灰榆疏林生态系统的碳储量及构成特征 由表 4 可见,宁夏贺兰山灰榆疏林总碳储量为 62.48 t/hm²;灰榆疏林乔木层、灌木层、地被层、土壤层的碳储量分别为 8.92、0.12、2.92、50.53 t/hm²,空间分布上总体表现为土壤层 > 乔木层 > 地被层 > 灌木层;土壤层在总碳储量中所占比重相对最大,占总碳储量的 80.87%,其次为乔木层,所占比重为 14.28%,这说明土壤层与乔木层在森林生态系统碳循环中起主导作用,林地土壤是陆地生态系统重要的有机碳库;灌木层和地被层占碳总储量的比重相对较低,分别为 0.19%、4.67%,这主要与其生物量占比相对较低有关。

表 4 宁夏贺兰山灰榆疏林生态系统的碳储量

层次	碳储量 (t/hm ²)	所占比重 (%)
乔木层	8.92	14.28
灌木层	0.12	0.19
地被层	2.92	4.67
土壤层	50.53	80.87
总碳储量	62.48	

2.3.2 宁夏贺兰山灰榆林碳储量的构成特征 由表 5 可见,宁夏贺兰山灰榆林总碳储量为 24.863 万 t;大水沟管理站的总碳储量相对最高,为 17.141 万 t,其次是马莲口管理站,其碳储量为 3.237 万,红果子管理站和苏峪口管理站相对较低,分别为 2.132 万、2.353 万 t,总体表现为大水沟管理站 > 马莲口管理站 > 苏峪口管理站 > 红果子管理站,这种差异性可能主要与灰榆分布面积有关;在 4 个管理站中,土壤层碳储量占有主体地位,其次是乔木层,地被层和灌木层所占比重均相对较小。

表 5 宁夏贺兰山不同管理站灰榆林生态系统的碳储量

管理站	碳储量(× 10 ³ t/hm ²)				
	乔木层	灌木层	地被层	土壤层	合计
红果子管理站	3.04	0.04	1.00	17.24	21.32
大水沟管理站	24.47	0.33	8.01	138.60	171.41
苏峪口管理站	3.36	0.05	1.10	19.02	23.53
马莲口管理站	4.62	0.06	1.51	26.18	32.37
合计	35.49	0.48	11.62	201.04	248.63

3 结论与讨论

在以往的很多研究中,许多学者均采用 0.45 或 0.5 作为森林植被的平均含碳率来估算碳储量,如 2000 年刘国华等对中国森林碳动态的研究、马钦彦等 1996 年对中国油松林碳储量基本估计的研究及 2000 年周玉荣等对中国森林生态系统碳循环的研究等^[17-19]。本研究结果表明,灰榆地上部分的平均含碳率为 0.439。不同林种具有不同的含碳率值,如统一采用 0.45 或 0.5 作为平均含碳率转换系数进行碳储量估算,会使结果产生一定偏差,如仅以 0.45 作为所有林木的平均含碳率转换系数进行碳储量估算,可能会带来 3%~10% 的负系统误差。因此,在估算区域碳储量时,为确保结果更加准确,应依据不同区域不同森林类型的不同树种而采用不同的含碳率数值^[20-21]。

本研究经测算认为,灰榆林林下土壤有机碳含量为 21.61 g/kg,与同属荒漠区的沙土^[15]比较,灰榆林土壤有机碳含量明显高于沙土;灰榆林林下土壤碳储量为 50.53 t/hm²,与我国各森林类型的土壤碳储量全国平均水平 107.8 t/hm²(其中,天然林平均土壤碳储量 109.1 t/hm²,人工林平均土壤碳储量 107.1 t/hm²)相比^[21-22],灰榆林林下土壤碳储量为全国天然林土壤有机碳平均水平的 46.32%。可见,宁夏贺兰山灰榆林虽地处干旱风沙区,但其林下土壤有机碳库是不可忽视的碳库来源。

宁夏贺兰山灰榆林的总碳储量在空间分布上总体表现为土壤层 > 乔木层 > 地被层 > 灌木层,土壤层碳储量是构成总碳储量的主体,这与王金叶等研究结果^[23-24]一致。因此,在保护区日常经营管理中,要促进碳的贮存和持续增加,特别要防止不适当的经营活动造成森林土壤碳的排放,削弱其碳源作用^[21,23]。

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,2008,452:31.
[3]任军辉.宁夏贺兰山天然油松林碳储量和碳密度研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2011.
[4]周广胜.全球碳循环[M].北京:气象出版社,2003.
[5]代海燕,张秋良,魏强,等.不同林分生物量分配格局受密度影响效应研究[J].安徽农业科学,2008,36(11):4514-4516.
[6]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.
[7]焦燕,胡海清.黑龙江省森林植被碳储量及其动态变化[J].应用生态学报,2005,16(12):2248-2252.

赵燕,刘晶,王辉. 洛阳市 13 种绿化树种叶面积的回归测算[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):254-257.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.070

洛阳市 13 种绿化树种叶面积的回归测算

赵燕¹, 刘晶¹, 王辉²

(1. 河南科技大学林学院, 河南洛阳 471003; 2. 河南科技大学化工与制药学院, 河南洛阳 471003)

摘要:以洛阳市 13 种绿化树种为研究对象,采用回归的方法,构建各树种叶面积与叶长、叶宽以及与叶长、叶宽乘积的线性回归和幂函数回归方程。结果表明,各树种叶面积的回归方程均存在差异,幂函数是估算各树种叶面积的最佳回归方程,并给出了各个树种的叶面积回归方程,为各树种叶面积的快速测定提供了简便科学的方法,有较好的应用价值。

关键词:洛阳市;叶长;叶宽;叶面积;回归方程;绿化树种

中图分类号: S718.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0254-04

叶片是植物进行光合作用、制造养料、气体交换和水分蒸腾的重要器官^[1-3]。叶面积的大小关系到植物光合作用和蒸腾作用的强弱,进而影响到植物生长量的大小。叶面积的测定对研究植物的生物学特性和指导生产实践有重大意义^[4],叶面积的测定方法有很多种,如求积仪法、叶模法、叶面积仪法、方格法、复印称重法、图形分解法等^[5-7],但这些方法会破坏植株,且测算程序较为繁琐、花费时间较多,在实际的生产实践中有很大不便,而回归方程法无须对叶面积进行离体测定,对植株无损伤、操作简单快捷^[8-9],在生产中被广泛应用。本试验通过对洛阳市 13 种常见园林绿化树种叶长、叶宽与叶面积的回归方程进行比较研究,以期找出各树种最适合的叶面积回归方程,为进一步科学研究和生产实践提供参考。

收稿日期:2015-11-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:41201224);河南科技大学博士研究生基金(编号:09001520)。

作者简介:赵燕(1982—),女,河南安阳人,博士,讲师,研究方向为树木栽培生理生态。E-mail:zhaoyanvip2008@163.com。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

本研究地河南省洛阳市位于 112°16′~112°37′E、34°32′~34°45′N,属温带季风气候,四季分明,春季干旱,夏热多雨,秋季温和,冬季寒冷。全年日照时数为 2 141.6 h,平均气温 14.86℃,年均降水量 578.2 mm。

1.2 材料

以洛阳市常见的女贞(*Ligustrum lucidum*)、石楠(*Photinia serrulata* Lindl)、槐(*Sophora japonica* Linn)、毛白杨(*Populus tomentosa*)、白兰(*Michelia alba* DC.)、桂花(*Osmanthus* sp.)、樟[*Cinnamomum camphora* (L.) Presl]、黄杨[*Buxus sinica* (Rehd. et Wils.) Cheng]、紫叶李(*Prunus cerasifera*)、紫荆(*Cercis chinensis* Bunge)、栾树(*Koelreuteria paniculata*)、木槿(*Hibiscus syriacus* Linn.)、蜡梅[*Chimonanthus praecox* (Linn.) Link]等 13 种园林树种为研究对象,每种树种采集完好无损、没有病虫害、发育成熟的叶片 40 张。采集时为了防止叶片失水后皱缩,影响叶面积的测量,将叶片摘取后应立即放入密封

[8]楼晓钦,汪泽鹏,王志刚. 宁夏贺兰山森林资源[M]. 宁夏:黄河出版传媒集团阳光出版社,2012:1-19.

[9]赵晓春,刘建军,任军辉,等. 贺兰山 4 种典型森林类型凋落物持水性能研究[J]. 水土保持研究,2011,18(2):107-111.

[10]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.

[11]刘鹏,程积民,王继飞. 贺兰山天然油松林凋落物储量与分解过程的研究[J]. 宁夏农林科技,2011,52(11):66-68,70.

[12]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.

[13]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.

[14]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.

[15]丁越岩. 毛乌素沙地不同植被类型土壤有机碳库研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2011.

[16]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.

[17]刘国华,傅伯杰,方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报,2000,20(5):733-740.

[18]马钦彦,谢征鸣. 中国油松林储碳量基本估计[J]. 北京:林业大学学报,1996,18(3):31-34.

[19]周玉荣,于振良,赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J]. 植物生态学报,2000,24(5):518-522.

[20]陈遐林. 华北主要森林类型的碳汇功能研究[D]. 北京:北京林业大学,2003.

[21]季波. 宁夏贺兰山主要森林群落生物量及碳储量研究[D]. 银川:宁夏大学,2015.

[22]许浩,张源润,季波,等. 贺兰山主要森林类型土壤和根系有机碳研究[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(2):162-166.

[23]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.

[24]孙继超. 太岳山油松人工林生物量和碳储量研究[D]. 北京:北京林业大学,2011.