

冀北山地 4 种典型林分固碳释氧效益估算

郑 淼

(山西林业职业技术学院, 太原 030009)

摘 要:为探究冀北山地 4 种典型林分固碳释氧效益,以落叶松纯林、白桦林、山杨林与云杉林作为研究对象,通过将 4 种林分的蓄积量、生物量、C 密度、O₂ 释放量 4 个指标为基础对 4 种林分固碳释氧的效益进行了评价分析,结果表明:(1) 云杉林的生物量除了中龄林其生物量都要高于其他 3 种林分,阔叶林生物量在中幼龄期增长速度比较快,近熟期与成熟期增长速度较慢,而针叶林则相反。(2) 4 种林分 C 密度由大到小排序,幼龄林:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林,中龄林:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林,近熟林:云杉林>白桦林>落叶松纯林>山杨林,成熟林:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林,云杉林除了中龄期其 C 密度都是最大的;4 种林分 O₂ 释放量由大到小排序,幼龄林:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林,中龄林:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林,近熟林:云杉林>落叶松纯林>山杨林>白桦林,成熟林:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林。(3) 4 种林分中固碳释氧总价值随龄林的增加呈单峰曲线,针叶林在近熟林时达到最大价值量,而阔叶林在中龄林时达到最大价值量;不同林分整个生命周期平均固碳释氧总价值排序为:云杉林[9 696 元/(hm²·a)]>山杨林[8 654 元/(hm²·a)]>落叶松纯林[7 704 元/(hm²·a)]>白桦林[7 555 元/(hm²·a)],说明云杉林固碳释氧的总价值是最高的,而白桦林的固碳释氧总价值最低。

关键词:冀北山地; 典型林分; 固碳释氧; 效益估算

中图分类号:S718.56

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)03-0154-05

Estimating the Benefits of Carbon Sequestration and Oxygen Release from Four Typical Stands in the Mountainous Region of North Hebei Province

ZHENG Miao

(Shanxi Forestry Vocational and Technical College, Taiyuan 030009, China)

Abstract: In order to explore the efficiency of carbon fixation and release of oxygen in 4 typical forests in the northern Hebei Province, the evaluation and analysis of the efficiency of carbon release and release of oxygen in the 4 stands were performed based on the volume of the four species, biomass, C density, and the amount of O₂ release. The results showed that: (1) except biomass of middle age spruce stand the biomass of spruce was higher than that of the other three species; the growth rates of the biomass in the medium and young ages was faster, the growth rate was slower in the near ripening period and the mature period, while the coniferous forest was the opposite; (2) the C density of 4 species decreased in the order, young forest, spruce forest>birch forest>Yang Lin>Larix pure forest; middle age forest: white birch forest>poplar>spruce>pure forest, near ripening forest: the spruce forest>birch forest Larix pure forest>poplar, mature forest: spruce forest>poplar forest>pure forest>birch forest> spruce forest; in the middle age forest; the C density was the largest; the 4 kinds of forest O₂ release decreased in the order, young forest: spruce forest > birch forest>poplar>Larix pure forest, middle age forest: white birch forest>poplar>spruce>pure forest, Larix pure forest, spruce forest>Larix pure forest> poplar>white birch forest, mature forest: spruce forest>poplar>Songchunlin >birch forest; (3) the total value of carbon fixation and oxygen release in the 4 stands showed a single peak curve with the increase of the age forest, and the coniferous forest reached the maximum value in the near mature forest, while the broad-leaved forest reached the maximum value in the

middle age forest; the average value of oxygen release and the carbon sequestration in the whole life cycle of the different stands decreased in the order: spruce forest [9 696 yuan/(hm² · a)] > poplar [8 654 yuan/(hm² · a)] > Larix gmelinii pure forest [7 704 yuan/(hm² · a)] > Betula platyphylla [7 555 yuan/(hm² · a)], indicating that the total value of carbon fixation and release of oxygen in spruce forest was the highest, while the total value of carbon sequestration in white birch forest was the lowest.

Keywords: northern Hebei mountain; typical stand; carbon sequestration and oxygen release; benefit estimation

全球的温度变化是目前生态环境科学界研究的重点与前沿,而其中的重要的一项是大气中CO₂浓度的变化,研究发现大气中的CO₂比工业革命前高出35%,而森林是整个生态系统的碳库,尤其是北半球的森林生态系统尤其重要,在全球碳平衡中发挥着重要的碳吸收汇功能,如何对森林生态系统固碳释氧能力进行研究是评估森林在减缓大气CO₂含量上升,针对气候变化能够提出有效的治理措施。近年来,国内有关森林生态系统碳密度与碳储量的研究也开始增加,国内学者对我国森林植被的碳密度和碳储量进行了研究。由于森林生态系统的复杂性,影响因子比较多,因此对森林的固碳释氧量一般都是采取大尺度的测定方法来进行估算,木兰围场是华北地区重要的生态功能区,对京津冀地区的防风固沙具有重要的作用,该地区主要是以森林经营、水土保持、森林空间的合理配置和林分结构等方面的研究较多,而针对林分的固碳释氧方面的研究报道较少^[1-2]。

因此本文以木兰林管局的4种典型林分作为研究对象,以林分的生物量作为基础来对林分的固碳释氧功能进行研究,与此同时对4种林分类型的不同林龄(幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林)固碳释氧的效益进行分析研究,旨在对该地区的典型林分固碳释氧量进行对比分析,从而为该地区的森林固碳释氧功能评价提供参考依据,以期为冀北山地生态交错带森林健康经营提供理论依据和技术支撑^[3-4]。

1 研究区概况与方法

本次调查是在承德木兰围场进行,木兰围场坐落于河北省东北部,地处冀北山地,地理坐标为116°32′—118°14′E,41°35′—42°40′N,海拔在820~1 850 m,木兰林管局林区无霜期67~125 d,年平均气温-1.4℃~4.7,极端最低气温-42.9℃,极端最高气温38.9℃。林管局林区内土壤主要包括棕壤、褐土、风砂土、草甸土、沼泽土、灰色森林土、黑土等7个土类,共15个亚类,66个土属,143个土种。该地区针叶树种主要为华北落叶松林(*Larix principis rupprechtii*)、云杉(*Picea asperata*)、油松林(*Pinus tabulaeef*)、阔叶树种主要为山杨林(*Populus davidiana*)、白桦林(*Betula*

platyphylla Suk.)、榆树(*Ilhvus puneila*)等^[5-7]。

2 研究内容和方法

2.1 样地设置

本文设置的样地为冀北山地最常见的林分,选取云杉纯林(人工林)、落叶松纯林(人工林)、白桦林(天然林)、山杨林(天然林)4种具有代表性的林分,设置16块大样地为100 m×100 m,4个龄期的4种林分,对样地的一些基本情况进行了了解,主要要:海拔、地形、地理位置、样地的坡位以及林分郁闭度等,在适当的位置设置样地的原点,然后辅助设备(罗盘仪、全站仪)划定样地边界,并用玻璃绳连接,逐次编号,最后将边界用铁丝网、水泥桩固定,其中郁闭度的测定是通过在样地内机械的设置200个样点,在各样点位置上进行抬头垂直仰视,判断该样点是否被树冠覆盖,统计被覆盖的样点数,该点数与样点数的比值则是林分的郁闭度,最后定量分析不同类型林分固碳释氧功能,系统研究不同林型固碳释氧效益的高低,为试验区落叶松的健康经营提供了一定的理论依据^[8-10]。

2.2 试验方法

2.2.1 固碳释氧服务功能物质量

$$G_{\text{固碳}} = 1.63R_{\text{碳}} AB_{\text{年}}$$

$$G_{\text{释氧}} = 1.19AB_{\text{年}}$$

式中: $G_{\text{固碳}}$ 、 $G_{\text{释氧}}$ 分别为林分年固碳,释氧物质量(t/a); A 为林分面积(hm²); $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力[t/(a·hm²)]; $R_{\text{碳}}$ 为二氧化碳中碳元素含量。在光合作用下树木每形成1 g干物质,需固定1.63 g CO₂,释放1.2 g O₂。由此可计算释放氧气量^[11-12]。

2.2.2 固碳释氧服务功能价值量

$$U_{\text{固碳}} = 1.63 C_{\text{碳}} R_{\text{碳}} AB_{\text{年}}$$

$$U_{\text{释氧}} = 1.19 C_{\text{氧}} AB_{\text{年}}$$

式中: $U_{\text{固碳}}$ 、 $U_{\text{释氧}}$ 分别是林分年固碳,释氧价值量(元/a); $C_{\text{碳}}$ 、 $C_{\text{氧}}$ 分别为固碳、氧气价格。采纳欧洲国家温室气体排放税收制度,确定固碳价格,本文采用瑞丹的碳税率150美元/t,折算人民币的价格为1 200元/t。而氧气的价格则采用2007年卫生部公布的春季氧气平均价格1 000元/t。

生物量和蓄积量的关系方程:

$$B = aV + b$$

式中: B 为森林生物量(t); V 为森林蓄积量(m^3); a, b 为参数(表 1)。

碳储量与生物量的关系方程:

$$C = B \cdot C_c$$

式中: C 为碳储量(t); B 为森林生物量(t); C_c 为含碳率, 森林含碳率采用平均值 0.5。

表 1 不同林分类型生物量与蓄积量回归方程

林分类型	回归方程	R	n
落叶松	$B = 0.967V + 5.7598$	0.99	8
云杉	$B = 0.4643V + 47.499$	0.99	13
山杨	$B = 0.4754V + 30.6034$	0.929	10
白桦	$B = 0.9644V + 0.8485$	0.977	4

表 2 不同林分类型林龄组划分

树种	起源	龄组划分					龄级 期限/a
		幼龄林/a	中龄林/a	近熟林/a	成熟林/a	过熟林/a	
云杉	天然	≤ 60	61~100	101~120	121~160	> 161	20
	人工	≤ 40	41~60	61~80	81~120	> 121	20
落叶松	天然	≤ 40	41~80	81~100	101~140	> 141	20
	人工	≤ 20	21~30	31~40	41~60	> 61	10
山杨	天然	≤ 20	21~30	31~40	41~60	> 61	10
	人工	≤ 10	11~16	16~20	21~30	> 31	5
白桦	天然	≤ 30	31~50	51~60	61~80	> 81	10
	人工	≤ 20	21~30	31~40	41~60	> 61	10

3 结果与分析

3.1 4 种林分生物量分析

同一林分不同龄期(表 2)的生长状况比较可以看出(图 1): 落叶松纯林蓄积量在中幼龄期增长速度比较慢, 而近熟期增长速度最快; 白桦林蓄积量中幼龄期增长速度比较快, 近熟期与成熟期增长速度较慢; 山杨林蓄积量中幼龄期增长速度比较快, 近熟期与成熟期增长速度较慢; 云杉林蓄积量在中幼龄期增长速度比较慢, 而近熟期增长速度最快。不同林分同一龄期生长状况的比较, 处于幼龄级时不同林分的蓄积量由大到小排序为: 云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林; 中龄期不同林分的蓄积量由大到小排序为: 云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林; 近熟期不同林分的蓄积量由大到小排序为: 云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林; 成熟期不同林分的蓄积量由大到小排序为: 云杉林>白桦林>落叶松纯林>山杨林。

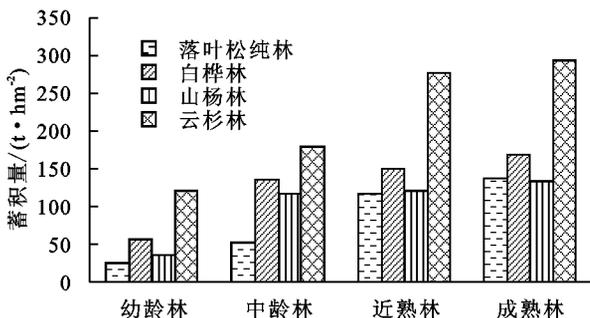


图 1 4 种林分不同龄期蓄积量

不同林分蓄积出现这样的蓄积顺序可能是因为阔叶林在中幼龄期生长速度比较快, 近熟期开始速度减

慢, 而针叶树种则相反。云杉林的蓄积量无论在哪个龄期其蓄积量都要高于其他 3 种林分。根据生物量与蓄积量的关系测定出各林分不同龄期年均生长量, 即年均生物量, 从而对 4 种林分是生态功能进行分析(图 2)。

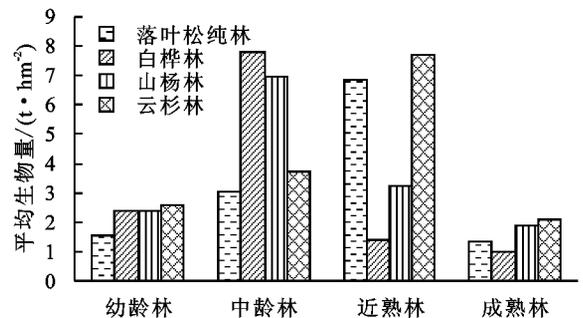


图 2 4 种林分不同龄期生物量估算

由图 2 可以看出, 幼龄期 4 种林分依次排序为: 云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林, 落叶松纯林的生物量明显低于阔叶树种, 是因为在生长初期生长速度低于其他两种树种; 中龄期 4 种林分依次排序为: 白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林, 在中龄期阔叶林的生长速度达到了最高, 针叶林增长速度开始加快; 近熟林 4 种林分依次排序为: 云杉林>落叶松纯林>山杨林>白桦林, 针叶林在近熟期树种在近熟期生长速度达到最大, 超过阔叶树种生长速度。成熟林云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林, 4 种林分在成熟期蓄积量积累达到了最大值, 但是林分蓄积量生长速度都比较慢。

3.2 4 种林分不同龄级的固碳释氧量价值估算

3.2.1 不同龄期不同林分的碳密度估算 固碳物质

量与林木的生长速度呈正相关,生长越快,固碳物质质量增加越多。4 种林分固碳规律比较相似,从幼龄期到成熟林固碳的质量呈现出增加的趋势,中幼龄期落叶松纯林固碳量低于其他 3 种林分,近熟龄到成熟龄中针叶林的生长速度明显增快,固碳量高于山杨林,与其他两种林分缩小了差距(图 3)。

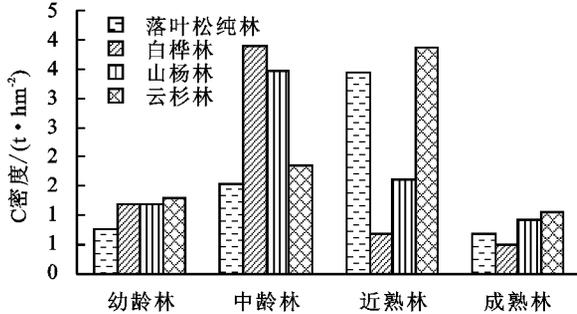


图 3 4 种林分不同龄期碳密度估算

从图 3 可以看出,幼龄期 4 种林分 C 密度由大到小排序为:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林;中龄期 C 密度由大到小排序为:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林;4 种林分近熟林 C 密度由大到小排序为:云杉林>白桦林>落叶松纯林>山杨林;4 种林分成熟林 C 密度由大到小排序为:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林;云杉林除了中龄期其 C 密度都是最大的。

3.2.2 不同龄期不同林分的氧气释放量估算 释放氧气物质量与林木的生长速度呈正相关,生长越快,释氧

物质量增加越多。4 种林分中阔叶林从幼龄林到中龄林期间,释氧物质量呈增加趋势,此后开始减少,到近熟期以后释氧物质量明变化不大;针叶林从幼龄林到近熟林期间,释氧物质量呈增加趋势,此后开始减少。

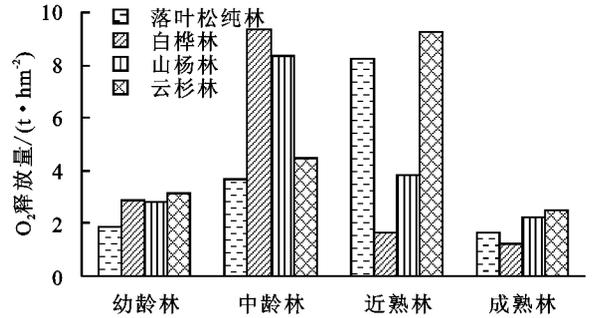


图 4 4 种林分不同龄期氧气释放量

从图 4 可以看出,幼龄期 4 种林分 O₂ 释放量由大到小排序为:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林;中龄期 O₂ 释放量由大到小排序为:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林;4 种林分近熟林 O₂ 释放量由大到小排序为:云杉林>落叶松纯林>山杨林>白桦林;4 种林分成熟林 O₂ 释放量由大到小排序为:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林。

3.3 固碳释氧经济价值估算

采纳欧洲国家温室气体排放税收制度,确定固碳价格,本文采用瑞丹的碳税率 150 美元/t,折算人民币的价格为 1 200 元/t。而氧气的价格则采用 2007 年卫生部公布的春季氧气平均价格 1 000 元/t。

表 3 4 种林分不同龄级单位面积各龄期固碳释氧价值量 元/(hm² · a)

林分类型	固碳释氧	幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	均值
落叶松纯林	固碳价值	1496	2982	6713	1334	3131
	释氧价值	2184	4355	9802	1947	4572
	总价值	3680	7337	16516	3281	7704
白桦林	固碳价值	2331	7628	1345	979	3071
	释氧价值	3404	11138	1964	1429	4484
	总价值	5735	18767	3309	2408	7555
山杨林	固碳价值	2317	6787	3143	1825	3518
	释氧价值	3383	9910	4589	2664	5136
	总价值	5700	16697	7731	4489	8654
云杉林	固碳价值	2538	3640	7538	2049	3941
	释氧价值	3706	5314	11006	2992	5755
	总价值	6245	8954	18544	5040	9696
平均总价值		5340	12939	11525	3805	

由表 3 可知,落叶松纯林固碳释氧总价值随龄林的增加呈单峰曲线,在近熟林时达到最大价值量,为 16 516 元/(hm² · a),成熟林期间固碳释氧总价值最低,仅为 3 680 元/(hm² · a),是近熟林时的 22%;白桦林固碳释氧总价值随龄林的增加呈单峰曲线,在

中龄林时达到最大价值量,为 18 767 元/(hm² · a),成熟林期间固碳释氧总价值最低,仅为 2 408 元/(hm² · a),是中龄林时的 13%;山杨林固碳释氧总价值随龄林的增加呈单峰曲线,在中龄林时达到最大价值量,为 16 697 元/(hm² · a),成熟林期间固碳释氧

总价值最低,仅为4 489元/(hm²·a),是中龄林时的27%。云杉林固碳释氧总价值随龄林的增加呈单峰曲线,在近熟林时达到最大价值量,为18 544元/(hm²·a),成熟林期间固碳释氧总价值最低,仅为5 040元/(hm²·a),是近熟林时的27%。

幼龄林时固碳释氧平均总价值为5 340元/(hm²·a),不同林分价值量大小排序为:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林;中龄林时平均总价值为12 939元/(hm²·a),不同林分价值量大小排序为:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林;近熟林时平均总价值为11 525元/(hm²·a),不同林分价值量大小排序为:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林;成熟林期平均总价值为3 805元/(hm²·a),不同林分价值量大小排序为:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林。整个生命周期平均固碳释氧总价值排序为:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林,说明云杉林固碳释氧的总价值是最高的,而白桦林的固碳释氧总价值最低。

4 结论

(1) 针叶林蓄积量在中幼龄期增长速度比较慢,而近熟期增长速度最快,阔叶林蓄积量中幼龄期增长速度比较快,近熟期与成熟期增长速度较慢;不同林分的不同龄期生物量是有差异的,其中幼龄期由大到小为:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林,中龄期为:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林,近熟林为:云杉林>落叶松纯林>山杨林>白桦林,成熟林为:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林,4种林分在成熟期蓄积量积累达到了最大值,但是林分蓄积量生长速度都比较慢。

(2) C密度由大到小排序,幼龄林:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林,中龄林:白桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林,近熟林:云杉林>白桦林>落叶松纯林>山杨林,成熟林:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林,云杉林除了中龄期其C密度都是最大的;O₂释放量由大到小排序,幼龄林:云杉林>白桦林>山杨林>落叶松纯林,中龄林:白

桦林>山杨林>云杉林>落叶松纯林,近熟林:云杉林>落叶松纯林>山杨林>白桦林,成熟林:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林。

(3) 4种林分固碳释氧总价值随龄林的增加呈单峰曲线,但是达到最大值的时期不同,落叶松纯林与云杉林近熟林价值量最大,成熟林价值量最低;白桦林与山杨林中龄林价值量最大,成熟林期间固碳释氧总价值最低;整个生命周期平均固碳释氧总价值排序为:云杉林>山杨林>落叶松纯林>白桦林,说明云杉林固碳释氧的总价值是最高的,而白桦林的固碳释氧总价值最低。

参考文献:

- [1] 谷建才. 华北土石山区典型区域主要类型森林健康分析与评价[D]. 北京:北京林业大学,2006.
- [2] 靳芳,鲁绍伟,余新晓,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 应用生态学报,2005,16(8):1531-1536.
- [3] 靳芳,余新晓,鲁绍伟,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[M]. 北京:中国林业出版社,2007:134-157.
- [4] 郭峰,何佳,陈丽华,等. 华北土石山区典型天然次生林生态系统健康评价研究[J]. 水土保持研究,2012,19(4):200-203.
- [5] 康春国. 承德避暑山庄木兰围场地理及植物分析[J]. 森林工程,2003,19(3):7-8.
- [6] 赵建成,孔照普. 河北木兰围场植物志[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [7] 任士华,管瑞英,毕功,等. 木兰围场国有林区历史沿革及其丰富的植物资源[J]. 河北林业科技,2007,34(S1):192-194.
- [8] 张佳音. 木兰林场北沟林场森林生态系统健康评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [9] 黄从德,张健,杨万勤. 四川省森林植被碳储量的空间异质特征[J]. 生态学报,2009,29(9):5115-5121.
- [10] 李斌,方晰,项文化,等. 湖南省杉木林植被碳贮量、碳密度及碳吸存潜力[J]. 林业科学,2013,49(3):25-32.
- [11] 方瑜,欧阳志云,肖钱,等. 海河流域草地生态系统服务功能及其价值评估[J]. 自然资源学报,2011,26(10):1694-1706.
- [12] 胡海清,罗碧珍,魏书精. 小兴安岭7种典型林型林分生物量碳密度与固碳能力[J]. 植物生态学报,2015,39(2):140-158.