

新疆天然胡杨林固碳释氧功能及价值评估分析

艾吉儿·阿不拉^{1,2}, 刘茂秀^{1,2*}, 王新英^{1,2}, 张 优^{2,3}
(1. 新疆林业科学院造林治沙研究所, 新疆乌鲁木齐 830046; 2. 新疆塔里木河胡杨林生态系统定位观测研究站, 新疆乌鲁木齐 830046; 3. 新疆农业大学, 新疆乌鲁木齐 230052)

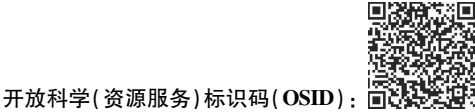
摘要 以新疆森林资源面积和各林龄组面积、年净生产力为基础数据, 按国家林业行业标准规定的方法, 测算天然胡杨林不同林龄固碳量与释氧量和货币价值量。结果表明: 天然胡杨林固碳量为 1 004 264. 21 t/a, 释氧量为 1 108 060. 93 t/a; 固碳价值为 120 511. 63 万元/a, 释氧价值为 143 948. 54 万元/a, 总价值为 264 460. 17 万元/a, 南疆地区高于北疆; 各龄组中, 中龄林固碳释氧功能量和价值量最高, 达 880 811. 30 t/a 和 109 814. 15 万元/a, 过熟林最低, 仅为 65 297. 09 t/a 和 8 114. 36 万元/a。

关键词 新疆; 胡杨林; 固碳释氧; 评估

中图分类号 S 715. 5 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)07-0122-04

doi: 10. 3969/j. issn. 0517-6611. 2023. 07. 029



Evaluation and Analysis of Carbon Fixation and Oxygen Release Function and Value of Natural *Populus euphratica* Forest in Xinjiang
Aijier · Abula^{1,2}, LIU Mao-xiu^{1,2}, WANG Xin-ying^{1,2} et al (1. Research Institute of Afforestation and Desertification Control, Xinjiang Academy of Forestry Science, Urumqi, Xinjiang 830046; 2. The Xinjiang Tarim Populus Riparian Forest Ecosystem Research Station, Urumqi, Xinjiang 830046)

Abstract According to method from the China National Forest Standard, the amount of carbon sequestrated and oxygen released, and currency value were calculated, based on the forest resource inventory data, the stand age area for management, and the net primary productivity in Xinjiang. The results showed that the annual total carbon sequestration in of natural *Populus euphratica* in Xinjiang was 1 004 264. 21 t/a, the oxygen release was 1 108 060. 93 t/a; the carbon fixation value was 1 205 116 300 yuan/a, the oxygen release value was 1 439 485 400 yuan/a, and the total value was 2 644 602 300 yuan/a, which was higher in southern Xinjiang than in northern Xinjiang. In the all age, the function and value of carbon fixation and oxygen release in the middle aged forest are the highest, up to 880 811. 30 t/a and 10. 98 billion yuan/a, the oldest forest was the lowest, only 65 297. 09 t/a and 0. 8 billion yuan/a.

Key words Xinjiang; *Populus euphratica* forest; Carbon fixation and oxygen release; Assessment

森林生态系统对全球生物圈 CO₂ 和 O₂ 的动态平衡、减少温室效应以及提供人类的生存基础有着巨大的不可替代的作用^[1]。森林作为陆地生态系统的主体, 发挥着重要的生态服务功能, 森林固碳、释放氧气是其重要的生态功能之一^[2], 固碳释氧价值占其生态系统服务功能总价值的 18. 50%~32. 59%^[3]。如何量化森林的这部分价值, 是当今生态经济学研究的一个热点和难点, 它的应用将对国家森林资源的管理决策起着重要作用^[4]。目前, 王兵等^[5-10]针对不同区域的森林固碳释氧功能和价值进行了研究。笔者以新疆 2014 年天然胡杨林资源面积和各林龄组面积、年净生产力为基础数据, 按中华人民共和国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(GB/T 38582—2020)^[11](以下简称《规范》), 测算森林固碳量与释氧量、货币价值量, 以了解碳汇、认知碳汇、关注碳汇, 为推动生态文明建设和社会绿色可持续发展贡献力量。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 新疆地处 73°40′~96°18′E, 34°25′~48°10′N, 位于我国西北边陲, 东西长约 2 000 km, 南北宽约 1 600 km, 面积为 166 万 km², 约占全国总面积的 16. 67%, 是我国面积最大的省份。新疆具有典型的温带大陆性气候。气温温差较大, 日照时间充足(年日照时间达 2 500~

3 500 h), 降雨量小, 气候干燥, 年均降水量约 150 mm。天然胡杨林在新疆南部和北部均有分布, 南部主要分布于塔里木河流域, 面积约为 56. 03 万 hm², 占全疆天然胡杨林总面积的 96. 15%, 北部面积约为 2. 24 万 hm², 仅占全疆天然胡杨林总面积的 3. 85%。新疆天然胡杨林生态系统乔木层为胡杨, 灌木层以多枝怪柳(*Tamarix ramosissima*)、梭梭(*Chenopodiaceae*)为主, 其他还有铃铛刺(*Halimodendron halodeneron*)、琵琶柴(*Reaumuria songonica*)、盐穗木(*Halostachys caspica*)、野蔷薇(*Rosa multiflora*)、白刺(*Nitraria tangutorum*), 草本层以芦苇(*Phragmites communis*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、盐草(*Halophila ovalis*)、蒿草(*Kobresia myosuroides*)等为主。土壤类型主要有灌淤土、灌耕土、草甸土、盐土、棕漠土、沼泽土, 以灌淤土为主。

1.2 样地设置及样品采集 根据天然胡杨林在新疆的分布特点, 将其划分为南疆和北疆区域。胡杨龄组的划分参照王世绩等^[12]的方法, 林龄分别为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林, 每个区域每个龄组设置 3 个标准样地, 共 30 块标准样地。标准样地面积为 1 hm², 规格为 100 m×100 m 的正方形, 四角以管径为 3 cm 的 PVC 管定点, 四边拉线。将每个标准样地划分为 100 个 10 m×10 m 的小样方, 采用每木检尺的方法对胸径>1.0 cm 的乔木进行调查, 主要测定乔木的胸径、树高、冠幅和密度等林分特征。试验样地概况见表 1。

1.3 生物量测定

1.3.1 乔木生物量。在标准样地内以该样地的平均胸径及树高选择标准木, 每个龄级选择 3 株, 共 30 株标准木。将标准木从根部伐倒进行树干解析, 分别测定其根、干、枝、叶的

基金项目 自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY-2019047)。

作者简介 艾吉儿·阿不拉(1969—), 女, 新疆哈密人, 助理研究员, 从事荒漠化防治及林木育种研究。*通信作者, 副研究员, 硕士, 从事生态修复与重建研究。

收稿日期 2022-05-26

鲜重,并在各部位取 500~1 000 g 鲜样带回实验室后置于 80 ℃ 烘箱中烘至恒重,用以计算其生物量。在距地面 30 cm 处截取圆盘,带回实验室进行树龄测定,计算林分净生 产力^[13]。

表 1 标准样地概况
Table 1 Overview of standard sample plots

龄组 Age group	南疆 Southern Xinjiang				北疆 Northern Xinjiang			
	平均高度 Average height//m	平均胸径 Average DHB//cm	平均冠幅 Average crown diameter m×m	林分密度 Standing forest 株/hm ²	平均高度 Average height//m	平均胸径 Average DHB//cm	平均冠幅 Average crown diameter m×m	林分密度 Standing forest 株/hm ²
幼龄林 Young forest	3.41	7.36	1.4×1.2	847	3.88	5.96	1.5×1.1	698
中龄林 Middle aged forest	6.43	14.61	2.8×2.4	712	7.26	14.38	3.4×2.9	564
近熟林 Near mature forest	11.22	23.49	4.1×3.8	382	12.44	25.45	4.4×3.7	125
成熟林 Mature forest	15.21	34.15	6.0×5.2	215	15.67	36.93	5.8×4.7	87
过熟林 Overripe forest	15.27	78.33	6.9×7.2	48	13.94	75.41	5.4×6.1	19

1.3.2 灌木生物量。标准样地外设置 5 个 2 m×2 m 灌木样方,确定灌木优势种,调查各优势种的多度、丛幅和高度;并测定各优势种的基径,求平均直径和高。然后按平均直径和高选取各优势种标准株(丛),每个样方按优势种随机选 5 标准株(丛),分别齐地面收割,并挖出地下部分,随机抽取 1 kg 样品带回实验室,在 70~80 ℃ 烘干至恒重,求出干鲜重之比,再推算出整个灌木层生物量,计算林分净生产力。

1.3.3 草本生物量。在每个灌木样方 2 个 1 m×1 m 小样方中记录物种名、盖度、高度。将每个小样方中草本连根挖出,用水冲去泥土后风干称鲜重,随机抽取 1 kg 样品带回实验室,求出干鲜重之比,再推算出整个草本层生物量,计算林分净生产力^[13]。

1.4 计算方法及数据来源

(1)根据《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008),对新疆天然胡杨林固碳释氧的功能及价值进行测算:

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

式中, $G_{\text{植被固碳}}$ 为植被年固碳量,t/a; $R_{\text{碳}}$ 为二氧化碳中碳的含量,为 22.27%; A 为林分面积,hm²; $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力,t/(hm²·a)。

$$G_{\text{土壤固碳}} = AN(X_2 - X_1)$$

式中, $G_{\text{土壤固碳}}$ 为土壤年固碳量,t/a; A 为林分面积,hm²; N 为土壤含氮量,%; X_1 为林地土壤侵蚀模数,t/(hm²·a); X_2 为无林地土壤侵蚀模数,t/(hm²·a)。

$$G_{\text{氧气}} = 1.19AB_{\text{年}}$$

式中, $G_{\text{氧气}}$ 为林分年释氧量,t/a; A 为林分面积,hm²; $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力,t/(hm²·a)。

$$U_{\text{碳}} = AC_{\text{碳}}[1.63R_{\text{碳}}B_{\text{年}} + N(X_2 - X_1)]$$

$$U_{\text{氧}} = 1.19AC_{\text{氧}}B_{\text{年}}$$

式中, $U_{\text{碳}}$ 为林分年固碳价值,元/a; A 为林分面积,hm²; N 为土壤含氮量,%; $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力,t/(hm²·a); X_1 为林地土壤侵蚀模数,t/(hm²·a); X_2 为无林地土壤侵蚀模数,t/(hm²·a); $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格,为 1 200 元/t; $U_{\text{氧}}$ 为林分年释氧价值,元/a; $C_{\text{氧}}$ 为氧气价格,为 1 299.10 元/a; $R_{\text{碳}}$ 为 CO₂ 中碳的含量,为 27.27%。

(2)新疆天然胡杨林面积数据源自 2014 年新疆森林资源二类调查;固碳价格依据中华人民共和国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008):碳税率 150 美元/t(根据人民币兑美元现行汇率折合人民币为 1 200 元/t);参照 2009—2012 中国工业氧气市场运行态势及发展前景分析报告,确定工业制氧平均价格为 1 299.10 元/t。

1.5 数据处理 采用 Excel 2021 统计分析软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 胡杨林面积 由表 2 可知,新疆天然胡杨林总面积为 582 705.43 hm²,其中南疆地区 560 288.82 hm²,占总面积的 96.15%,北疆地区 22 416.61 hm²,占总面积的 3.85%;从不同龄组构成来看,过熟林面积最大,达 177 176.33 hm²,占总面积的 30.41%;其次为近熟林,为 176 733.85 hm²,占总面积的 30.33%。幼龄林面积最小,仅 11 488.84 hm²,仅占总面积的 1.97%;北疆各龄组中,成熟林面积为 8 284.82 hm²,占北疆天然胡杨林面积的 36.96%,其次为中龄林和过熟林,分别占北疆总面积的 24.62%和 24.15%,近熟林和幼龄林面积分别占北疆总面积的 8.40%和 5.87%。

表 2 新疆天然胡杨林面积统计
Table 2 Statistics of natural Populus euphratica forest area in Xinjiang

区域 Region	幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
南疆 Southern Xinjiang	10 171.75	71 230.38	174 850.93	132 272.39	171 763.37	560 288.82
北疆 Northern Xinjiang	1 317.09	5 518.82	1 882.92	8 284.82	5 412.96	22 416.61
合计 Total	11 488.84	76 749.20	176 733.85	140 557.21	177 176.33	582 705.43

2.2 胡杨林固碳功能量及价值量

2.2.1 土壤固碳功能量及价值量。

2.2.1.1 土壤固碳功能量。由表 3 可知,新疆天然胡杨林土壤总固碳功能量为 590 369.88 t/a,其中南疆总固碳功能量为 577 426.74 t/a,占新疆总固碳功能量的 97.81%,北疆总固碳功能量为 12 943.14 t/a,占 2.19%。按林龄分,中龄林

土壤固碳量最大,达 310 237.91 t/a,占总固碳功能量的 52.55%;过熟林土壤固碳功能量最小,仅 26 669.46 t/a,占总固碳功能量的 4.52%。每个林龄按大小顺序为中龄林(310 237.91 t/a,占 52.55%)>成熟林(139 702.33 t/a,占 23.66%)>近熟林(84 383.20 t/a,占 14.29%)>幼龄林(29 376.98 t/a,占 4.98%)>过熟林(26 669.46 t/a,占 4.52%)。

表 3 新疆天然胡杨林土壤固碳量

Table 3 Soil carbon sequestration of natural <i>Populus euphratica</i> forest in Xinjiang						单位:t/a
区域 Region	幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
南疆 Southern Xinjiang	28 439.99	304 869.48	84 268.90	139 507.65	20 340.72	577 426.74
北疆 Northern Xinjiang	936.99	5 368.43	114.30	194.68	6 328.74	12 943.14
合计 Total	29 376.98	310 237.91	84 383.20	139 702.33	26 669.46	590 369.88

2.2.1.2 土壤固碳价值量。由表 4 可知,新疆天然胡杨林土壤固碳总价值量为 70 844.37 万元/a,其中南疆总价值量为 69 291.19 万元/a,北疆总价值量为 1 553.18 万元/a,南疆远高于北疆地区;按林龄分,价值量顺序为中龄林

(37 228.55 万元/a)>成熟林(16 764.28 万元/a)>近熟林(10 125.97 万元/a)>幼龄林(3 525.23 万元/a)>过熟林(3 200.34 万元/a)。

表 4 新疆天然胡杨林土壤固碳价值

Table 4 Carbon fixation value of natural <i>Populus euphratica</i> forest soil in Xinjiang						单位:万元/a
区域 Region	幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
南疆 Southern Xinjiang	3 412.79	36 584.34	10 112.26	16 740.91	2 440.89	69 291.19
北疆 Northern Xinjiang	112.44	644.21	13.71	23.37	759.45	1 553.18
合计 Total	3 525.23	37 228.55	10 125.97	16 764.28	3 200.34	70 844.37

2.2.2 植被固碳功能量及价值量。

2.2.2.1 植被固碳功能量。由表 5 可知,新疆天然胡杨林植被总固碳功能量为 413 894.33 t/a,其中南疆总固碳功能量为 404 829.05 t/a,占新疆总功能量的 97.81%;北疆总固碳功能量为 9 065.28 t/a,占 2.19%。按林龄分,林分植被固碳量由高到低为中龄林(155 166.89 t/a)>成熟林(137 367.69 t/a)>近熟

林(62 272.51 t/a)>幼龄林(48 582.48 t/a)>过熟林(10 504.76 t/a)。从群落垂直结构来看,乔木层植被固碳功能量最大,为 411 475.30 t/a,占新疆总固碳功能量的 99.42%;其次是草本层,为 1 447.15 t/a,占新疆总固碳功能量的 0.35%;最后是灌木层,为 971.88 t/a,占新疆总固碳功能量的 0.23%。

表 5 新疆天然胡杨林分植被固碳量

Table 5 Carbon sequestration of stand vegetation of natural <i>Populus euphratices</i> forest in Xinjiang							单位: t/a
区域 Region		幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
南疆 Southern Xinjiang	乔木层	47 027. 14	147 769. 17	61 846. 59	136 612. 69	9 595. 11	402 850. 70
	灌木层	341. 90	190. 84	11. 18	49. 63	7. 56	601. 11
	草本层	130. 73	653. 62	189. 59	346. 39	56. 91	1 377. 24
	合计	47 499. 77	148 613. 63	62 047. 36	137 008. 71	9 659. 58	404 829. 05
北疆 Northern Xinjiang	乔木层	1 050. 29	6 380. 19	207. 95	353. 87	632. 30	8 624. 60
	灌木层	27. 26	137. 00	15. 35	3. 13	188. 03	370. 77
	草本层	5. 16	36. 07	1. 85	1. 98	24. 85	69. 91
	合计	1 082. 71	6 553. 26	225. 15	358. 98	845. 18	9 065. 28
总计 Total		48 582. 48	155 166. 89	62 272. 51	137 367. 69	10 504. 76	413 894. 33

2.2.2.2 植被固碳价值量。由表 6 可知,新疆天然胡杨林植被固碳总价值量为 49 667.26 万元/a,其中南疆总价值量为 48 579.45 万元/a,北疆总价值量为 1 087.81 万元/a,南疆远高于北疆地区。按林龄分,林分植被固碳价值量为中龄林(18 620.01 万元/a)>成熟林(16 484.11 万元/a)>近熟林(7 472.68 万元/a)>幼龄林(5 829.89 万元/a)>过熟林

(1 260.57 元/a)。群落垂直结构方面,总价值量表现为乔木层(49 377.01 万元/a)>草本层(173.65 万元/a)>灌木层(116.60 万元/a)。

2.3 胡杨林分释氧功能及价值

2.3.1 植被释氧功能量。由表 7 可知,新疆天然胡杨林植被释氧总功能量为 1 108 060.93 t/a,其中南疆释氧总功能量

为 1 083 791.71 t/a,占新疆释氧总功能量的 97.81%;北疆释氧总功能量为 24 269.22 t/a,占 2.19%。按林龄分,林分植被释氧量表现为中龄林(415 406.52 t/a)>成熟林(367 755.19 t/a)>近熟林(166 713.35 t/a)>幼龄林(130 062.97 t/a)>过熟林(28 122.90 t/a)。群落垂直结构方面,由高到低为乔木层(1 101 584.85 t/a)>草本层(3 874.24 t/a)>灌木层(2 601.84 t/a)。

表 6 新疆天然胡杨林分植被固碳价值							单位:万元/a
Table 6 Carbon fixation value of natural <i>Populus euphratica</i> stand vegetation in Xinjiang							
区域 Region		幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
新疆 Southern Xinjiang	乔木层	5 643.26	17 732.30	7 421.58	16 393.52	1 151.41	48 342.07
	灌木层	41.02	22.90	1.34	5.95	0.90	72.11
	草本层	15.68	78.43	22.75	41.57	6.84	165.27
	合计	5 699.96	17 833.63	7 445.67	16 441.04	1 159.15	48 579.45
北疆 Northern Xinjiang	乔木层	126.04	765.61	24.95	42.46	75.88	1 034.94
	灌木层	3.27	16.44	1.85	0.37	22.56	44.49
	草本层	0.62	4.33	0.21	0.24	2.98	8.38
	合计	129.93	786.38	27.01	43.07	101.42	1 087.81
总计 Total		5 829.89	18 620.01	7 472.68	16 484.11	1 260.57	49 667.26

表 7 新疆胡杨林分植被释氧量							单位: t/a
Table 7 Oxygen release of natural <i>Populus euphratica</i> stand vegetation in Xinjiang							
区域 Region		幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
新疆 Southern Xinjiang	乔木层	125 899.11	395 601.63	165 573.16	365 733.91	25 687.65	1 078 495.46
	灌木层	915.30	510.89	29.93	132.88	20.24	1 609.24
	草本层	349.95	1 749.84	507.54	927.32	152.36	3 687.01
	合计	127 164.36	397 862.36	166 110.63	366 794.11	25 860.25	1 083 791.71
北疆 Northern Xinjiang	乔木层	2 811.80	17 080.77	556.69	947.38	1 692.75	23 089.39
	灌木层	72.97	366.79	41.08	8.38	503.38	992.60
	草本层	13.84	96.60	4.95	5.32	66.52	187.23
	合计	2 898.61	17 544.16	602.72	961.08	2 262.65	24 269.22
总计 Total		130 062.97	415 406.52	166 713.35	367 755.19	28 122.90	1 108 060.93

2.3.2 植被释氧价值量。由表 8 可知,新疆天然胡杨林植被释氧总价值量为 143 948.54 万元/a,其中南疆总价值量为 140 795.69 万元/a,北疆总价值量为 3 152.85 万元/a,南疆远高于北疆地区。按林龄分,林分植被释氧价值量表现为中龄林(53 965.58 万元/a)>成熟林(47 775.18 万元/a)>近熟林(21 657.80 万元/a)>幼龄林(16 896.53 万元/a)>过熟林(3 653.45 万元/a)。群落垂直结构方面,乔木层植被释氧价值量最大,达 88 578.04 万元/a,占新疆总植被释氧价值量的 61.53%;其次是灌木层,其值为 54 867.19 万元/a,占新疆总植被释氧价值量的 38.12%;最后是草本层,其值为 503.31 万元/a,占新疆总植被释氧价值量的 0.35%。

表 8 新疆天然胡杨林分植被释氧价值							单位:万元/a
Table 8 Oxygen release value of natural <i>Populus euphratica</i> stand vegetation in Xinjiang							
区域 Region		幼龄林 Young forest	中龄林 Middle aged forest	近熟林 Near mature forest	成熟林 Mature forest	过熟林 Overripe forest	合计 Total
新疆 Southern Xinjiang	乔木层	15 524.61	39 077.68	14 572.67	14 774.58	1 628.93	85 578.47
	灌木层	949.89	12 381.41	6 940.87	32 755.28	1 710.79	54 738.24
	草本层	45.46	227.32	65.94	120.47	19.79	478.98
	合计	16 519.96	51 686.41	21 579.48	47 650.33	3 359.51	140 795.69
北疆 Northern Xinjiang	乔木层	365.28	2 218.98	72.33	123.07	219.91	2 999.57
	灌木层	9.49	47.64	5.34	1.09	65.39	128.95
	草本层	1.80	12.55	0.65	0.69	8.64	24.33
	合计	376.57	2 279.17	78.32	124.85	293.94	3 152.85
总计 Total		16 896.53	53 965.58	21 657.80	47 775.18	3 653.45	143 948.54

物经历了第四纪地质变化,适应了当地气候条件,作为世界自然遗产地,在开发旅游与保护及服务地方经济的同时,应探索种质资源繁育,从而发展利用于园林绿化,更好地防止外来植物入侵。

5 结论

梵净山为南北走向的山体,东南季风、西南季风和西北寒流对山体的不同坡向与坡位处的影响差异,形成了多种独特的小生境,提供了丰富多样的植物共同繁衍生存及特有植物发育演化的生态栖所。在梵净山有高等植物 3 000 余种,世界自然遗产地旅游步梯沿途植物达 100 种之多,且植被类型垂直变化明显,836~1 300 m 为苦槠、木莲等常绿阔叶林,1 300~1 900 m 为贵州青冈、曼青冈、细齿樱桃等常绿、落叶混交林,1 900~2 100 m 为花楸等落叶阔叶林,2 100~2 300 m 为雷山杜鹃等形成的杜鹃矮林,2 300 m 以上为杜鹃、西康绣线菊等亚高山灌丛草甸。

参考文献

- [1] 张玉武,张珍明,陈翔,等. 梵净山国家级自然保护区固氮维管束植物资源研究[J]. 湖北农业科学,2016,55(15):3850-3855.
- [2] 全明英,高洋,熊康宁,等. 梵净山世界自然遗产地全新世以来的古气候变化[J]. 地球与环境,2019,47(5):610-620.
- [3] 黄丽华,张剑波,祁翔,等. 梵净山和茂兰保护区秋冬观果植物资源组成异同[J]. 西南农业学报,2015,28(1):353-358.
- [4] 李相楹,张维勇,刘峰,等. 不同海拔高度下梵净山土壤碳、氮、磷分布特征[J]. 水土保持研究,2016,23(3):19-24.
- [5] 周政,陈浒,林丹丹,等. 梵净山常绿落叶阔叶混交林带附生苔藓类群落研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2017,53(6):713-721.
- [6] 夏常英,吴学学,傅连中,等. 梵净山地区藤本植物的多样性及区系特征[J]. 广西植物,2020,40(2):264-271.

(上接第 125 页)

固碳量与释氧量、价值量。测算结果表明:胡杨林固碳释氧量为 2 112 325. 14 t/a,其中胡杨林土壤固碳量为 590 369. 88 t/a,占总固碳释氧功能的 27. 95%;植被固碳量为 413 894. 33 t/a,占总固碳释氧量的 19. 59%;植被释氧量为 1 108 060. 93 t/a,占总固碳释氧功能的 52. 46%。固碳释氧价值为 264 460. 17 万元/a,其中土壤固碳价值为 70 844. 37 万元/a,占固碳释氧总价值量的 26. 79%;植被固碳价值为 49 667. 26 万元/a,占总价值的 18. 78%;植被释氧价值为 143 948. 54 万元/a,占固碳释氧总价值量的 54. 43%。从群落结构来看,乔木层固碳释氧量(1 513 060. 15 t/a)和价值(137 955. 05 万元/a)占比最大。由于受胡杨林分布面积的影响,南疆地区天然胡杨林固碳释氧的功能和价值均远远高于北疆地区。

(2) 森林的固碳释氧生态功能及价值效率取决于林分年净生产力,经测算新疆胡杨林净生产力平均为 2. 44 t/(hm²·a),远低于暖温带落叶阔叶林平均水平[9. 54 t/(hm²·a)]。林分结构不合理,质量差,近熟林和过熟林面积比重过大,生态功能及价值偏低是当前存在的主要问题。因此,应加强中幼龄林抚育管理,对低产低效林进行改造,提高森林质量,增加碳汇储备基数,是提高森林生产能

- [7] 熊康宁,容丽,陈浒,等. 梵净山世界遗产价值、完整性与保护管理[J]. 生态文明新时代,2018(5):40-49.
- [8] 周政贤,杨业勤,张维勇,等. 梵净山研究[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1990:1-5.
- [9] 巫仁霞,熊康宁,容丽. 梵净山种子植物区系特征及植物地理学意义[J]. 广西植物,2017,37(10):1348-1354.
- [10] 杨玉涛,徐宏,赵能武,等. 梵净山自然保护区药用蕨类的物种调查研究[J]. 时珍国医国药,2015,26(1):205-206.
- [11] 王晖,魏奇,吴非非,等. 梵净山自然保护区蕨类植物的区系特征[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2014,32(4):22-28.
- [12] 王美会,杨冰,曹威,等. 贵州梵净山旅游线路苔藓植物及药用苔藓资源调查[J]. 安徽农业科学,2013,41(33):12846-12848,12941.
- [13] 贵州省林业厅,梵净山国家级自然保护区管理处. 梵净山研究[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1990:1-399.
- [14] 贵州梵净山科学考察集编辑委员会. 贵州梵净山科学考察集[M]. 北京:中国环境科学出版社,1987:89-191.
- [15] 舒锐,张家春,张珍明,等. 不同海拔梯度下梵净山土壤机械组成及养分特征[J]. 四川农业大学学报,2017,35(1):52-59.
- [16] 游美玲,容丽,熊康宁,等. 基于种子植物区系比较分析的贵州梵净山生态孤岛效应[J]. 分子植物育种,2018,16(24):8185-8198.
- [17] 杨明德. 喀斯特研究—杨明德论文选集[M]. 贵阳:贵州民族出版社,2003:1-351.
- [18] 石磊,杨传东,熊源新,等. 梵净山药用苔藓植物多样性及分布特点[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2016,34(6):39-44.
- [19] 王孜昌,王宏艳. 贵州省气候特点与植被分布规律简介[J]. 贵州林业科技,2002,30(4):46-50.
- [20] 黄威廉,屠玉麟,杨龙. 贵州植被[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1988.
- [21] 张珍明,石磊,张玉武,等. 梵净山固氮优势维管束植物垂直分布及土壤性状特征[J]. 西南农业学报,2015,28(6):2624-2629.
- [22] 颜秋晓,高安勤,林昌虎,等. 梵净山主要珍稀植物土壤性状研究概况[J]. 浙江农业科学,2015,56(6):905-910.
- [23] 高香琴,熊康宁,容丽,等. 梵净山国家级自然保护区水青冈属群落木本植物组成特征及其保护价值的分析[J]. 浙江林业科技,2018,38(2):29-36.
- [24] 方精云,费松林,樊拥军,等. 贵州梵净山亮叶水青冈解剖特征的生态格局及主导因子分析[J]. 植物学报,2000,42(6):636-642.

力及生态服务功能的根本途径。

参考文献

- [1] 黄怀雄,赵红艳. 长株潭地区森林固碳释氧功能价值评价[J]. 林业调查规划,2010,35(2):136-138.
- [2] 肖建武,康文星,尹少华,等. 城市森林固碳释氧功能及经济价值评估:以第三个“国家森林城市”长沙市为实证分析[J]. 林业经济问题,2009,29(2):129-132.
- [3] 冯源,田宇,朱建华,等. 森林固碳释氧服务价值与异养呼吸损失量评估[J]. 生态学报,2020,40(14):5044-5054.
- [4] 李福强,王兴华,陈士刚,等. 吉林市森林固碳释氧生态效益评价[J]. 吉林林业科技,2011,40(2):10-12,43.
- [5] 王兵,任晓旭,胡文. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 林业科学,2011,47(2):145-153.
- [6] 韦惠兰,祁应军. 森林生态系统服务功能价值评估与分析[J]. 北京林业大学学报,2016,38(2):74-82.
- [7] 韩玉洁,孙文,张文文. 基于分布式测算方法的上海城市森林生态系统服务功能评估[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2019(2):147-155.
- [8] 姜仲翔,任世奇,杜阿朋. 广西桉树人工林固碳释氧总量核算[J]. 桉树科技,2021,38(2):45-47.
- [9] 谢经霞,张建国,任敬朋,等. 济宁市森林资源现状及其固碳释氧生态功能价值评估[J]. 山东林业科技,2019,49(5):70-71,88.
- [10] 张济. 宣城市森林生态系统生态服务价值评估研究[J]. 安徽农业科学,2019,47(12):142-145.
- [11] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 森林生态系统服务功能评估规范:GB/T 38582—2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020.
- [12] 王世绩,陈炳浩,李护群. 胡杨林[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995.
- [13] 李高飞,任海. 中国不同气候带各类型森林的生物量和净第一性生产力[J]. 热带地理,2004,24(4):306-310.