

区域森林生态系统服务功能评估

——以宁夏回族自治区为例

魏 冬^{1,2}, 杨 阳³, 倪细炉^{2*}, 李志刚², 李 龙²

(1. 宁夏林业调查规划院, 宁夏 银川 750001; 2. 种苗生物工程国家重点实验室, 宁夏 银川 750004;

3. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: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/T1721-2008), 以宁夏回族自治区 2015 年森林资源清查数据为基础, 结合宁夏林业研究院多年观测的数据, 对宁夏森林生态系统的价值量进行系统、全面的评估。结果表明, 在 2015 年, 宁夏森林生态系统服务功能总价值为 515 188.07 万元, 单位面积价值量为 $3.32 \text{ 万元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。从不同的服务功能价值量来看, 其大小依次为: 生物多样性保护>涵养水源>净化大气>保育土壤>固碳释氧>积累营养物质; 从不同的森林类型来看, 其价值量大小依次为: 硬阔>杨类>落叶松>软阔>云杉>栎类>油松>桦类>柏类>华山松>樟子松; 从各种森林类型单位面积价值量来看, 其大小依次为: 柏类>桦类>软阔>云杉>樟子松>油松>栎类>华山松>落叶松>杨类>硬阔。结果得出, 宁夏森林生态系统服务功能的价值量较大, 提高人们的环境意识对进一步建设生态文明具有重要意义。

关键词:生态系统; 服务功能; 价值评估; 宁夏回族自治区

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2018)03-0278-07

Regional forest ecosystem services assessment: A Case Study of Ningxia Hui Autonomous

WEI Dong^{1,2}, YANG Yang³, NI Xi-lu^{2*}, LI Zhi-gang², LI Long²

(1. Ningxia Forestry Investigation and Planning Institute, Yinchuan, Ningxia 750001, China; 2. State Key Laboratory of the Seedling Bioengineering, Yinchuan, Ningxia 750004, China; 3. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Followed by the “Specifications for Assessment of Forest Ecosystem Services in China (LY/T1721-2008)”, the value quantity of the forest ecosystem services of Ningxia was systematically and fully evaluated based on the data of forest resources inventory (2015) and those of position observation. The results indicated that the total value of forest service function in Ningxia was 515 188.07 million in 2015, with $33\,200 \text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ in unit area. For different services, the values were in the order of biodiversity protection>water conservation>atmosphere purification>conservation of soil>carbon fixation>accumulate nutrients. For values of diverse forest types, the order was hardwood forest>polar>larch>soft broad-leaved forest>spruce>oak>Chinese pine>birch>cypress>Chinese white pine>Mongolian scotch pine; while from the perspective of the values in unit area, the order was cypress>birch>soft broad-leaved forest>spruce>Mongolian scotch pine>Chinese pine>oak>Chinese white pine>polar>hardwood forest>larch. The results indicated that forest ecosystem services of Yinchuan were huge, which could improve people’s understanding of forest ecological benefit and play an important role in acceleration of ecological civilization construction.

Key words: ecosystem; service; value assessment; Ningxia

收稿日期: 2017-08-17 修回日期: 2017-09-21
基金项目: 国家国际合作项目(2011DFG32780); 国家外专局引智重点项目(20176400009)。
作者简介: 魏 冬, 男, 硕士, 研究方向: 森林生态系统服务功能评估。E-mail: 496620331@qq.com
* 通信作者: 倪细炉, 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 森林生态系统服务功能评估。E-mail: 297101198@qq.com

森林是陆地生态系统的主体,为人类社会提供各种生态产品,森林对陆地生态系统的维持和改善起着至关重要的作用^[1-3]。现如今,生态环境日益恶化,人们意识到森林生态系统的重要性,从而森林生态系统服务评价成为生态学热点之一。对于宁夏回族自治区而言,干旱的气候以及特殊的地理位置决定了其脆弱的生态环境^[4]。宁夏地区气候干旱、降雨稀少、风大沙多,生态环境较为脆弱,森林生态系统服务功能评估对宁夏地区的环境保护和经济发展具有重要的意义。本研究从物质量和价值量 2 个方面进行分析,对宁夏回族自治区的森林生态服务功能进行了效益评价,以货币的形式更加直观地展现森林服务功能的价值,可以提高人们的生态文明意识,继而进一步提升宁夏地区森林资源的保护,为省级的生态 GDP 核算提供技术支撑^[5-6]。

1 研究区概况

宁夏回族自治区处于黄河上游,位于我国西北部东部,处于黄土高原、蒙古高原和青藏高原的交汇地带。地理坐标 104°17′—107°39′E,35°14′—39°23′N。宁夏南部黄土丘陵海拔 2 000 m 左右,中部台地与山间平原 1 300~1 500 m,北部平原 1 100~1 200 m。土壤主要以灰钙土和黑垆土为主。属温

带大陆性气候,年均气温 5.3~9.9℃,年均降雨量 166.9~647.3 mm,年均蒸发量 2 512.6~1 432.3 mm,平均风速 1.8~3.0 m·s⁻¹,年日照时数 2 254.9~3 112.3 h,具有日照充足、辐射强、气温偏低、干旱少雨、蒸发强烈等特点。主要植被类型有针叶林、落叶阔叶林、落叶灌木、草原植被、草甸植被、沼泽水生植被、沙生植被等。本研究考虑到宁夏地区的优势树种组成,将主要森林类型分为以下 11 个群组:落叶松(*Larix* spp.)(21 700 hm²)、云杉(*Picea asperata*)(10 400 hm²)、油松(*Pinus tabulaeformis*)(7 600 hm²)、柏类(2 000 hm²)、华山松(*P. armandii*)(800 hm²)、樟子松(*P. sylvestris* var. *mongholica*)(400 hm²)、杨类(*Populus*)(28 400 hm²)、栎类(*Quercus*)(11 200 hm²)、桦类(*Betula*)(5 200 hm²)、软阔(11 600 hm²)和硬阔(55 800 hm²)。

2 研究方法

2.1 数据来源

所用数据来源于 2015 年宁夏森林资源清查成果,宁夏林业研究院长期观测和研究资料,国家林业局发布的森林生态系统服务功能评估社会公共数据表等(表 1)。

表 1 森林生态系统服务功能评估社会公共数据

Table 1 Social public data of forest ecological service functional assessment

类别	单价或含量	依据
水库库容造价(C _库)	6.110 7 元·t ⁻¹	根据 1993—1999 年《中国水利年鉴》平均水库库容造价为 2.17 元·t ⁻¹ ,2005 年价格指数为 2.816,即得到单位库容造价为 6.110 7 元·t ⁻¹
水的净化单价(K)	2.09 元·t ⁻¹	采用网络法得到 2007 年全国各大中城市的居民用水价格的平均值,为 2.09 元·t ⁻¹
挖取土方单位(C _土)	12.6 元·m ⁻³	人工挖土方Ⅰ和Ⅱ土类每 100 m ³ 需 42 个工时,每个人工每天 30 元计算
磷酸二铵含氮量(R ₁)	14%	化肥产品说明
磷酸二铵含磷量(R ₂)	15.01%	
氯化钾含钾量(R ₃)	50%	
磷酸二铵化肥价格(C ₁)	2 400 元·t ¹	2007 年春季平均价格
氯化钾化肥价格(C ₂)	2 200 元·t ¹	
有机质价格(C ₃)	320 元·t ⁻¹	
固碳价格(C _碳)	1 200 元·t ⁻¹	采用瑞典的碳税率每吨 150 美元(折合人民币每吨 1 200 元)
制造氧气价格(C _氧)	1 000 元·t ⁻¹	采用中华人民共和国卫生部网站中 2007 年春季氧气平均价格
二氧化硫治理费用(K _{二氧化硫})	1.2 元·kg ⁻¹	采用国家发展与改革委员会等四部委 2003 年第 31 号令《排污费征收标准及计算方法》中北京市收费标准
氟化物治理费用(K _{氟化物})	1.38 元·kg ⁻¹	
氮氧化物治理费用(K _{氮氧化物})	1.26 元·kg ⁻¹	
降尘清理费用(K _{降尘})	0.3 元·kg ⁻¹	

注:以上数据均来源于森林生态系统服务功能评估规范(LYT1721-2008)^[7]。

2.2 评估指标体系

本研究针对宁夏地区 11 个典型林分类型(落叶松、云杉、油松、柏类、华山松、樟子松、杨类、栎类、桦类、软阔和硬阔)进行森林生态系统服务功能评估,包括涵

养水源、固碳释氧、保育土壤、积累营养物质、净化大气环境和生物多样性保护等 6 项功能 12 个指标。

2.3 评估方法

2.3.1 涵养水源 本研究选用调节水量和净化水

质 2 个指标^[8-9],以反映宁夏森林的涵养水源功能。

2.3.1.1 年调节水量价值

$$U_{\text{调}}=10C_{\text{库}}A(P-E-C) \tag{1}$$

式中, $U_{\text{调}}$ 为森林年调节水量价值(元·a⁻¹); P 为林外降水量(mm·a⁻¹); E 为林分蒸散量(mm·a⁻¹); C 为地表径流量(mm·a⁻¹); A 为林分面积(hm²)。

2.3.1.2 年净化水量价值

$$U_{\text{水质}}=10KA(P-E-C) \tag{2}$$

式中, $U_{\text{水质}}$ 为森林年净化水质价值(元·a⁻¹)。

2.3.2 固碳释氧 本研究选用固碳、释氧 2 个指标反映森林固碳释氧功能^[10-11]。

2.3.2.1 年固碳价值

$$U_{\text{固碳}}=1.63C_{\text{碳}}R_{\text{碳}}AB_{\text{年}} \tag{3}$$

式中, $U_{\text{固碳}}$ 为林分年固碳价值(元·a⁻¹); $R_{\text{碳}}$ 为CO₂中C的含量; $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力(t·hm⁻²·a⁻¹)。

2.3.2.2 年释氧价值

$$U_{\text{释氧}}=1.19C_{\text{氧}}AB_{\text{年}} \tag{4}$$

式中: $U_{\text{释氧}}$ 为林分年释氧价值(元·a⁻¹)。

2.3.3 保育土壤 本研究选用固土和保肥 2 个指标,以反映森林保育土壤功能。

2.3.3.1 固土价值

$$U_{\text{固土}}=AC\pm(X_2-X_1)/\rho \tag{5}$$

式中: $U_{\text{固土}}$ 为林分年固土价值(元·a⁻¹); X_1 为林地土壤侵蚀模数(t·hm⁻²·a⁻¹); X_2 为无林地土壤侵蚀模数(t·hm⁻²·a⁻¹); ρ 为土壤容重(t·m⁻³)。

2.3.3.2 保肥价值

$$U_{\text{肥}}=A(X_2-X_1)(NC_1/R_1+PC_1/R_2+KC_2/R_3+MC_3) \tag{6}$$

式中, $U_{\text{肥}}$ 为林分年保肥价值(元·a⁻¹); N 为森林土壤平均含氮量(%); P 为森林土壤平均含磷量(%); K 为森林土壤平均含钾量(%); M 为森林土壤有机质含量(%)。

2.3.4 积累营养物质

$$U_{\text{营养}}=AB_{\text{年}}(N_{\text{营养}}C_1/R_1+P_{\text{营养}}C_1/R_2+K_{\text{营养}}C_2/R_3) \tag{7}$$

式中, $U_{\text{营养}}$ 为林分氮、磷、钾年增加价值(元·a⁻¹); $N_{\text{营养}}$ 为林木氮元素含量(%); $P_{\text{营养}}$ 为林木磷元素含量(%); $K_{\text{营养}}$ 为实测林木钾元素含量(%)。

2.3.5 净化大气环境 在森林净化空气的功能方面,主要包括以下 4 个指标。

2.3.5.1 年吸收 SO₂ 价值

$$U_{\text{二氧化硫}}=K_{\text{二氧化硫}}\cdot A\cdot Q_{\text{二氧化硫}} \tag{8}$$

式中, $U_{\text{二氧化硫}}$ 为林分年吸收二氧化硫价值(元·

a⁻¹); $Q_{\text{二氧化硫}}$ 为单位面积森林年吸收二氧化硫量(kg·hm⁻²·a⁻¹)。

2.3.5.2 年吸收氟化物价值

$$U_{\text{氟化物}}=K_{\text{氟化物}}\cdot A\cdot Q_{\text{氟化物}} \tag{9}$$

式中, $U_{\text{氟化物}}$ 为林分年吸收氟化物价值(元·a⁻¹); $Q_{\text{氟化物}}$ 为单位面积实测林分年吸收氟化物量(kg·hm⁻²·a⁻¹)。

2.3.5.3 年吸收氮氧化物价值

$$U_{\text{氮氧化物}}=K_{\text{氮氧化物}}\cdot A\cdot Q_{\text{氮氧化物}} \tag{10}$$

式中, $U_{\text{氮氧化物}}$ 为林分年吸收氟化物价值(元·a⁻¹); $Q_{\text{氮氧化物}}$ 为单位面积林分年吸收氮氧化物量(kg·hm⁻²·a⁻¹)。

2.3.5.4 年阻滞降尘价值

$$U_{\text{滞尘}}=K_{\text{滞尘}}\cdot A\cdot Q_{\text{滞尘}} \tag{11}$$

式中, $U_{\text{滞尘}}$ 为林分年滞尘价值(元·a⁻¹); $Q_{\text{滞尘}}$ 为单位面积林分年滞尘量(kg·hm⁻²·a⁻¹)。

2.3.6 生物多样性保护

$$U_{\text{生物}}=S_{\text{生}}\cdot A \tag{12}$$

式中, $U_{\text{生物}}$ 为林分年物种保育价值(元·a⁻¹); $S_{\text{生}}$ 为单位面积年物种损失的机会成本(元·hm⁻²·a⁻¹)。

3 结果与分析

3.1 森林生态系统各项服务功能评估

3.1.1 涵养水源 森林涵养水源价值采用替代成本法来计算^[6]。根据宁夏回族自治区林业研究院的观测资料以及相关文献^[12],得到各林种的蒸散率分别为:云杉林 55%,落叶松 80%,油松、樟子松 71%,华山松 74%,栎类 69%,桦木 71%,杨树 75%,软阔林 74%,硬阔林 77%(表 2),涵养水源总价值为 148 359.554 2 万元。

3.1.2 固碳释氧 森林对碳素的固定是绿色植物通过光合作用吸收二氧化碳,释放氧气,并且以有机物的形式固定在植物体内^[13]。根据宁夏第 9 次森林资源清查成果得到不同森林类型的年生长量(表 3)。通过式(3)和(4)来估算各种森林类型固碳和释氧量(表 3),固碳释氧总价值为 35 025.53 万元。

3.1.3 保育土壤 森林凭借庞大的树冠、深厚的枯枝落叶层及强壮的根系截留大气降水,有效地固持土体,起到了保育土壤的作用^[14]。根据黄委会水土保持局实测数据,确定宁夏自治区各植被类型下宁夏无林地土壤侵蚀模数为 30 t·hm⁻²·a⁻¹(表 4)。根据试验,泥沙的平均容重为 1.2 t·m⁻³(表 4),保育土壤总价值为 62 779.41 万元。

表 2 不同森林类型的涵养水源价值					
Table 2 The value of water conservation in different forest types					
森林类型	面积/hm ²	涵养水源量 /(×10 ⁴ m ³ · a ⁻¹)	调节水量价值 /(×10 ⁴ 元 · a ⁻¹)	净化水质价值 /(×10 ⁴ 元 · a ⁻¹)	涵养水源价值 /(×10 ⁴ 元 · a ⁻¹)
落叶松	21 700	1 766.81	10 796.47	3 692.64	14 489.11
云杉	10 400	1 905.23	11 642.28	3 981.93	15 624.20
油松	7 600	897.25	5 482.82	1 875.25	7 358.06
柏类	2 000	236.12	1 442.85	493.49	1 936.33
华山松	800	84.68	517.43	176.97	694.41
樟子松	400	47.22	288.57	98.70	387.27
杨类	28 400	2 892.54	17 675.44	6 045.41	23 720.85
栎类	11 200	1 413.45	8 637.18	2 954.11	11 591.29
桦类	5 200	613.91	3 751.40	1 283.07	5 034.47
软阔	11 600	3 009.16	18 388.05	6 289.14	24 677.19
硬阔	55 800	5 224.72	31 926.71	10 919.67	42 846.37

表 3 不同森林类型的固碳释氧价值					
Table 3 The value of carbon fixation in different forest types					
森林类型	年均生产量	固碳量	释氧量	固碳价值	释氧价值
落叶松	4.30	1.91	5.12	2 294.77	5 119.56
云杉	0.64	0.28	0.76	341.55	761.98
油松	0.90	0.40	1.07	480.30	1 071.54
柏类	0.01	0.01	0.02	7.12	15.87
华山松	0.09	0.04	0.10	46.25	103.18
樟子松	0.05	0.02	0.06	24.90	55.56
杨类	7.36	3.27	8.75	3 924.24	8 754.84
栎类	0.13	0.06	0.15	67.60	150.81
桦类	1.40	0.62	1.67	747.14	1 666.83
软阔	2.23	0.99	2.65	1 188.30	2 651.06
硬阔	3.22	1.43	3.83	1 718.41	3 833.72

表 4 不同森林类型的保育土壤价值										
Table 4 The value of soil conservation in different forest types										
森 林 类 型	有林地土壤 侵蚀模数 /(t·hm ⁻²)	土壤 含氮量 /%	土壤 含磷量 /%	土壤 含钾量 /%	土壤含 有机质比重 /%	固土量 /(×10 ⁴ t· a ⁻¹)	保肥量 /(×10 ⁴ t· a ⁻¹)	固土价值 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	保肥价值 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	保育土壤 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)
落叶松	6.00	0.28	0.1	1.58	0.05	52.08	104.68	546.84	6 961.5	7 508.34
云杉	6.00	0.62	0.11	1.74	0.12	24.96	64.65	262.08	5 012.42	5 274.5
油松	4.30	0.28	0.1	1.58	0.05	19.53	39.26	205.09	2 610.83	2 815.92
柏类	4.90	3.62	0.28	0.1	0.02	5.02	20.18	52.71	3 362.42	3 415.13
华山松	4.50	0.28	0.1	1.35	0.09	2.04	3.71	21.42	252.3	273.72
樟子松	4.30	0.28	0.1	1.58	0.05	1.03	2.07	10.79	137.41	148.21
杨类	2.00	0.35	0.09	2.13	0.08	79.52	210.73	834.96	13 388.5	14 223.46
栎类	6.00	0.24	0.06	1.96	0.05	26.88	62.09	282.24	3 686.23	3 968.47
桦类	7.50	0.35	0.09	2.13	0.08	11.7	31.01	122.85	1 969.89	2 092.74
软阔	8.20	0.35	0.09	2.13	0.08	25.29	67.01	265.52	4 257.65	4 523.17
硬阔	7.50	0.24	0.06	1.96	0.05	125.55	290.02	1 318.28	17 217.48	18 535.76

3.1.4 积累营养物质 考虑到指标操作的可行性和营养物质在植物体内的含量,选用林木积累氮、磷、钾指标反映森林积累营养物质功能^[10,15]。不同森林类型中林木中含氮、磷、钾比重见表 5,其中落叶松、云杉数据来源于谢会成^[16]等的研究,油松、杨类、华山松、樟子松、栎类数据来源于潘成忠^[17]等的

研究,柏类数据来源于宋涛^[18]等的研究,桦类、软阔、硬阔数据来源于孙颖^[19]等的研究。计算结果见表 5,积累营养物质价值为 5 797.23 万元。

3.1.5 净化大气环境 森林能有效吸收有害气体和吸滞粉尘,从而起到净化大气的作用^[20-21]。为此,本研究选取森林吸收 SO₂、吸收氟化物、吸收氮氧化

物和滞尘 4 个指标。根据宁夏林业研究院的测定数据,确定不同林分单位面积吸收 SO₂、氟化物、氮氧化物的能力以及滞尘能力(表 6)。计算净化大气总价值为 102 926.30 万元。

表 5 不同森林类型积累营养物质价值

Table 5 The value of accumulate nutrients in different forest types

森林类型	林木 含氮量/%	林木 含磷量/%	林木 含钾量/%	林分固 N 量 /(t·a ⁻¹)	林分固 P 量 /(t·a ⁻¹)	林分固 K 量 /(t·a ⁻¹)	营养物质 积累价值 /(×10 ⁴ 元·a ⁻¹)
落叶松	3.10	0.74	0.29	133 366.65	31 835.91	12 476.24	2 850.22
云杉	3.10	0.74	0.29	19 849.92	4 738.37	1 856.93	424.22
油松	0.43	0.06	0.35	3 871.94	540.27	3 151.58	88.88
柏类	0.54	0.04	0.30	72.04	5.34	40.02	1.50
华山松	0.43	0.06	0.35	372.85	52.03	303.49	8.56
樟子松	0.43	0.06	0.35	200.77	28.01	163.42	4.61
杨类	0.48	0.07	0.61	35 313.65	5 149.91	44 877.76	885.18
栎类	0.59	0.06	0.32	747.71	76.04	405.54	15.82
桦类	1.13	0.07	0.32	15 827.91	980.49	4 482.24	306.73
软阔	1.05	0.10	0.29	23 391.69	2 227.78	6 460.56	465.05
硬阔	1.20	0.08	0.30	38 659.32	2 577.29	9 664.83	746.47

表 6 不同森林类型的净化大气价值

Table 6 The value of pollution purification in different forest types(kg·hm⁻²·a⁻¹).(×10⁴ 元·a⁻¹)

森林类型	单位面积 林分吸收 SO ₂ 量	单位面积 林分吸收 氟化物量	单位面积 林分吸收 氮氧化物量	单位面积 林分滞尘量	吸收氟化物 价值	吸收氮氧化物 价值	滞尘价值	净化大气 价值
落叶松	840	20	6	32 000	59.89	16.41	20 832.00	23 095.66
云杉	620	20	6	32 000	28.70	7.86	9 984.00	10 794.33
油松	510	20	6	52 000	20.98	5.75	11 856.00	12 347.84
柏类	534	11	5	56 200	3.04	1.26	3 372.00	3 504.46
华山松	840	20	6	36 400	2.21	0.60	873.60	957.05
樟子松	620	20	6	52 000	1.10	0.30	624.00	655.17
杨类	107	4.2	5	9 800	16.46	17.89	8 349.60	8 748.61
栎类	90	6.8	5	43 200	10.51	7.06	14 515.20	14 653.73
桦类	310	7.4	6	43 000	5.31	3.93	6 708.00	6 910.68
软阔	89	4.9	6	10 110	7.84	8.77	3 518.28	3 658.78
硬阔	89	4.9	6	10 110	37.73	42.18	16 924.14	17 600.00

3.1.6 生物多样性保护 森林是生物多样性生存和发展的最佳场所,在生物多样性保护方面有着十分重要的作用^[9,22]。根据中国生物多样性国情报告^[23],计算不同林分的 Shannon-Wiener 指数见表 7,其生物多样性保护价值量为 160 300 万元。

3.2 森林生态系统各项服务功能价值量比较

2015 年,宁夏回族自治区森林生态系统服务功能总价值为 515 188.07 万元,单位面积森林服务功能价值为 3.32 万元·hm⁻²·a⁻¹(表 8)。6 种服务功能价值量从大到小排序为:生物多样性保护> 涵养水源> 净化大气环境> 保育土壤> 固碳释氧> 积累营养物质。

6 种服务功能价值量和所占比重分别为:生物多样性:160 300 万元,31.11%;涵养水源:148 359.55万元,28.80%;净化大气:102 926.31 万元,19.98%;保育土壤:62 779.42 万元,12.19%;

表 7 不同森林类型生物多样性保护价值

Table 7 Biodiversity conservation value according to different forest types

林分类型	Shannon- Wiener 指数	单位面积年物种 损失的机会成本 /(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)	生物多样性 指数价值 /(×10 ⁴ 元·a ⁻¹)
落叶松	1.26	10 000	21 700
云杉	1.75	10 000	10 400
油松	1.91	10 000	7 600
柏类	1.86	10 000	2 000
华山松	1.95	10 000	800
樟子松	1.91	10 000	400
杨类	1.47	10 000	28 400
栎类	1.54	10 000	11 200
桦类	2.1	20 000	10 400
软阔	1.74	10 000	11 600
硬阔	1.54	10 000	55 800

固碳释氧:35 025.55 万元,6.80%;积累营养物质5 797.24万元,1.13%(图1)。

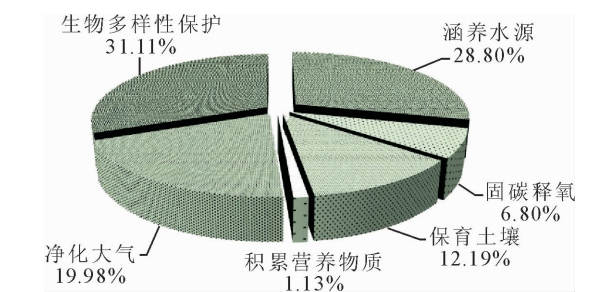


图1 各种森林生态系统服务功能类型价值比较
Fig.1 Value comparison of different forest ecological service

3.3 森林生态系统不同林分类型价值量比较

计算得出,宁夏回族自治区11种典型林分服务功能总价值大小排序为:硬阔>杨类>落叶松>软阔>云杉>栎类>油松>桦类>柏类>华山松>樟子松;单位面积服务功能排序为:柏类>桦类>软阔>云杉>樟子松>油松>栎类>华山松>落叶松>杨类>硬阔。

11种林分提供的服务功能总价值和所占比重为:硬阔:141 080.73 万元,27.38%;杨类:88 657.18万元,17.21%;落叶松:77 057.66 万元,14.96%;软阔:48 763.55 万元,9.47%;云杉:43 620.78,8.74%;栎类:41 647.72,8.08%;油松:31 762.54 万元,6.17%;桦类:27 158.59 万元,5.27%;柏类:10 880.41 万元,2.11%;华山松:2 883.18万元,0.56%;樟子松:1 675.73 万元,0.33%(图2)。

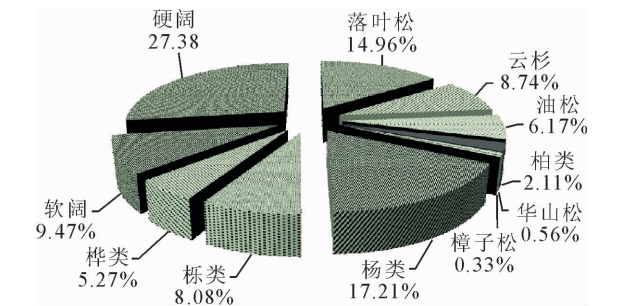


图2 不同林分森林生态系统服务功能价值比较
Fig.2 Value comparison of forest ecological service of differen forests

表8 宁夏回族自治区2015年森林生态服务功能价值								
Table 8 The value of forest ecological service of Ningxia in 2015								
林分类型	涵养水源 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	固碳释氧 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	保育土壤 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	积累 营养物质 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	净化大气 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	生物 多样性保护 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	合计 /(×10 ⁴ 元· a ⁻¹)	单位 面积价值量 /(×10 ⁴ 元· hm ⁻² ·a ⁻¹)
落叶松	14 489.11	7 414.33	7 508.34	2 850.22	23 095.66	21 700	77 057.66	3.55
云杉	15 624.20	1 103.53	5 274.50	424.22	10 794.33	10 400	43 620.78	4.19
油松	7 358.06	1 551.84	2 815.92	88.88	12 347.84	7 600	31 762.54	4.18
柏类	1 936.33	22.99	3 415.13	1.50	3 504.46	2 000	10 880.41	5.44
华山松	694.41	149.44	273.72	8.56	957.05	800	2 883.18	3.60
樟子松	387.27	80.47	148.21	4.61	655.17	400	1 675.73	4.19
杨类	23 720.85	12 679.08	14 223.46	885.18	8 748.61	28 400	88 657.18	3.12
栎类	11 591.29	218.41	3 968.47	15.82	14 653.73	11 200	41 647.72	3.72
桦类	5 034.47	2 413.97	2 092.74	306.73	6 910.68	10 400	27 158.59	5.22
软阔	24 677.19	3 839.36	4 523.17	465.05	3 658.78	11 600	48 763.55	4.20
硬阔	42 846.37	5 552.13	18 535.76	746.47	17 600.00	55 800	141 080.73	2.53
合计	148 359.55	35 025.55	62 779.42	5 797.24	102 926.31	160 300	515 188.07	3.32(平均)

4 结论与讨论

宁夏回族自治区森林生态系统6项服务功能总价值为515 188.07 万元,单位面积价值量为3.32 万元·hm⁻²·a⁻¹。6项服务功能中生物多样性保护、涵养水源和净化大气所提供的价值和占总价值的79.89%,说明这3项功能在宁夏森林生态系统服务功能总价值中占有十分重要的地位。其中,涵养水源功能对宁夏森林生态系统具有重要的意义,气候干旱、降雨稀少,水资源匮乏成为制约宁夏发展的重要因素,而涵养水源所提供的价值较高,这对于

宁夏地区水资源的调节和净化提供了物质基础和生态支撑。

宁夏地区主要的森林类型是硬阔、杨类和落叶松,提供的服务功能总价值分别为141 080.73、88 657.18万元和77 057.66 万元,占服务功能总价值比例分别为27.38%、17.21%和14.96%,这主要是由于这3种森林类型的面积较大。而柏类和桦类的面积比例较小,但其单位面积提供的服务功能价值是排在前2位的,因此应重视这2种林分地位与其发挥的生态效益。

在2015年,宁夏生产总值(GDP)为2 911.77

亿元,宁夏森林生态系统服务功能总价值为 51.52 亿元,2015 年服务价值量占全区生产总值的 1.76%,这表明森林生态系统对全区的国民经济发展具有一定的生态支撑作用。但是,服务价值量的比重并不高,所以,今后应加强对森林自然资源的管理力度,合理开发潜在的生态价值,以实现全区林业的可持续发展。

本研究结合实际仅考虑了森林生态系统服务功能中的 6 项指标,由于数据资料的缺乏,并没有对防风固沙、森林游憩以及提供负离子等方面作出评估,所以评价方法和指标体系的完善仍是生态系统服务功能评估的研究重点。而且本研究是以 2015 年的数据为基础,对宁夏森林生态系统服务功能价值量进行评估与分析,缺乏对宁夏森林生态系统服务功能价值的动态了解。因此,完善森林生态环境动态评估、监测体系,运用合理的方法进行动态的评估,进而为宁夏地区的生态环境建设、森林可持续利用和经济可持续发展提供一定的科学依据。

参考文献:

[1] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用[M]. 北京:中国人民大学出版社,2008.

[2] 李景文. 森林生态学[M]. 北京:中国林业出版社,1982.

[3] 孙美欧,孙虎. 凉水自然保护区森林生态系统生态服务功能评估[J]. 森林工程,2016,32(5):21-26.

[4] SUN M O,SUN H. Assessment of ecological service function of forest ecosystem in Liangshui nature reserve[J]. Forest Engineering,2016,32(5):21-26. (in Chinese)

[5] 宁夏森林编辑委员会. 宁夏森林[M]. 北京:中国林业出版社,1990.

[6] 白杨,欧阳志云,郑华,等. 海河流域森林生态系统服务功能评估[J]. 生态学报,2011,31(7):2029-2039.

[7] BAI Y,OUYANG Z Y,ZHENG H,*et al.* Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe river basin,China[J]. Acta Ecologica Sinica,2011,31(7):2029-2039. (in Chinese)

[8] 李惠萍,刘小林,张宋智,等. 小陇山生态站森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 西北林学院学报,2012(5):15-20.

[9] LI H P,LIU X L,ZHANG S Z,*et al.* Assessment on value for forest ecosystem services in Xiaolongshan ecological research station[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012(5):15-20. (in Chinese)

[10] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评估规范:LY/T1721-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[11] 鲁绍伟. 中国森林生态服务功能动态分析与仿真预测[D]. 北京:北京林业大学,2006:51-60.

[12] 赵同谦. 中国陆地生态系统服务功能及其价值评估研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2004.

[13] 靳芳. 中国森林生态系统价值评估研究[D]. 北京:北京林业大学,2005:43-48.

[14] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报,2004,19(4):480-491.

[15] ZHAO T Q,OUYANG Z Y,ZHENG H,*et al.* Forest ecosystem services and their valuation in China[J]. Journal of Natural Resources,2004,19(4):480-491. (in Chinese)

[16] 时志杰,王彦辉,于澎涛,等. 宁夏六盘山林区几种主要森林植被生态水文功能研究[J]. 水土保持学报,2005,19(3):134-138.

[17] SHI Z J,WANG Y H,YU P T,*et al.* Study on different forestry vegetation's eco-hydrological function in Liupan Mountain of Ningxia China[J]. Journal of Soil and Water Conservation,2005,19(3):134-138. (in Chinese)

[18] 毛富玲,郭雅儒,刘雅欣. 雾灵山自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 河北林果研究,2005,20(3):220-223.

[19] 欧阳志云,赵同谦,赵景柱,等. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究[J]. 应用生态学报,2004,15(8):1395-1402.

[20] OUYANG Z Y,ZHAO T Q,ZHAO J Z,*et al.* Ecological regulation services of Hainan island ecosystem and their valuation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2004,15(8):1395-1402. (in Chinese)

[21] 王斌,张硕新,杨校生. 秦岭火地塘林区不同林分类型生态系统服务功能评价与分析[J]. 西北林学院学报,2010,25(4):54-61.

[22] WANG B,ZHANG S X,YANG X S. Forest ecosystem services and their valuation of Ningxia area[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(4):54-61. (in Chinese)

[23] 谢会成,葛云,孙居文,等. 华北落叶松人工林叶内营养元素含量的变异[J]. 福建林学院学报,2005,25(2):163-166.

[24] XIE H C,GE Y,SUN J W,*et al.* The variation of nutrient contents in needles of prince rupprecht's larch plantation[J]. Journal of Fujian College of Forestry,2005,25(2):163-166. (in Chinese)

[25] 潘成忠,上官周平. 黄土区次降雨条件下林地径流和侵蚀产沙形成机制——以人工油松林和次生山杨林为例[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1597-1602.

[26] 宋涛,王铁柱,高杰. 侧柏人工林生态系统营养元素含量分布的研究[J]. 北京林业大学学报,1997,19(Supp. 2):61-66.

[27] SONG T,WANG T Z,GAO J. A study on distribution of nutrient element contents in a platycladus orientalis plantation ecosystem[J]. Journal of Beijing Forestry University,1997,19(Supp. 2):61-66. (in Chinese)

[28] 孙颖,王得祥,张浩,等. 宁夏森林生态系统服务功能的价值研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(12):91-97.

[29] SUN Y,WANG D X,ZHANG H,*et al.* Forest ecosystem services and their valuation of Ningxia area[J]. Journal of Northwest A&F University:Nat. Sci. Ed.,2009,37(12):91-97. (in Chinese)

[30] 周冰冰,李忠魁,候元兆. 北京市森林资源价值[M]. 北京:中国林业出版社,2000

[31] 李文华,欧阳志云,赵景柱. 生态系统服务功能研究[M]. 北京:气象出版社,2002:157-191.

[32] 薛达元. 生物多样性的经济价值评估——长白山自然保护区案例研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997.

[33] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告[C]. 北京:中国环境科学出版社,1998.