

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201407006

张丽微,莫创荣,陈雷,等. 城市郊区小尺度森林生态系统服务功能评估[J]. 广西植物, 2016, 36(7):875-881

ZHANG LW, MO CR, CHEN L, et al. Evaluation of ecosystem services in the small-scale forest in suburban[J]. Guihaia, 2016, 36(7):875-881

城市郊区小尺度森林生态系统服务功能评估

张丽微^{1,2}, 莫创荣¹, 陈雷², 黄寿昌³, 何红娟²

(1. 广西大学 环境学院, 南宁 530004; 2. 广西生态工程职业技术学院, 广西 柳州 545004;

3. 广西森态工程规划设计有限公司, 广西 柳州 545004)

摘要: 该研究以沙塘林场为例, 筛选出沙塘林场森林生态系统服务功能评估指标体系, 包括 7 项功能 13 个指标, 并制定具体评价方法。利用广西柳州市沙塘林场 2009 年森林资源二类调查数据、连续观测数据和社会公共数据, 采用《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008), 评估柳州市郊区小尺度森林生态系统服务功能的总物质量及其价值量。结果表明: 沙塘林场每年每公顷涵养水源量为 5 051.04 m³, 固土 29.30 t, 林分年保肥量 1.09 t, 固碳 5.27 t, 释氧 11.49 t。沙塘林场森林生态系统服务功能的总价值为 78 077 001 元·a⁻¹, 每公顷提供的生态服务价值为 79 630 元·hm⁻²·a⁻¹, 沙塘林场各功能项价值量从大到小顺序为涵养水源(52.02%)>固碳释氧(22.36%)>生物多样性保护(12.61%)>净化大气环境(5.06%)>保育土壤(3.84%)>森林游憩(3.09%)>积累营养物质(1.03%)。不同林分类型单位面积生态系统服务功能价值由大到小的顺序为桉类(104 673.43 元·hm⁻²·a⁻¹)>其他阔叶林(95 538.66 元·hm⁻²·a⁻¹)>经济林(69 537.58 元·hm⁻²·a⁻¹)>松类(69 433.52 元·hm⁻²·a⁻¹)>杉木类(58 820.11 元·hm⁻²·a⁻¹)。沙塘林场单位面积涵养水源量(5 051.04 m³·hm⁻²·a⁻¹)大于广西区单位面积涵养水源量(3 368.32 m³·hm⁻²·a⁻¹); 沙塘林场的固碳量(5.27 t·hm⁻²·a⁻¹)大于广西森林的平均固碳量(3.52 t·hm⁻²·a⁻¹), 森林游憩的单位面积价值量也大于广西全区的平均价值量。这说明城市郊区小尺度森林在涵养水源、固碳释氧、森林游憩等方面的生态功能价值在当地生态系统服务功能中起到关键作用。该研究结果可为城市郊区小尺度森林生态功能的评估提供理论参考, 为柳州市生态文明建设提供科学依据。

关键词: 城市郊区, 沙塘林场森林生态系统, 生态系统, 服务功能, 物质量, 价值量

中图分类号: S718.55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2016)07-0875-07

Evaluation of ecosystem services in the small-scale forest in suburban

ZHANG Li-Wei^{1,2}, MO Chuang-Rong¹, CHEN Lei², HUANG Shou-Chang³, HE Hong-Juan²

(1. College of Environment, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Guangxi Ecological Engineering Vocational and Technical College, Liuzhou 545004, China; 3. Guangxi Sentai Engineering Planning & Design Co. LTD, Liuzhou 545004, China)

Abstract: According to the principle of index selection and related research methods, in reference to the previous studies, it has constructed the assessment index system of the small scale forest ecosystem service function. In order to evaluate the value of small-scale forest ecosystem services in suburban of Liuzhou City, we selected Shatang forestry farm as study area. It has constructed the assessment index system of the small scale forest ecosystem service, 7 respects of provi-

收稿日期: 2014-07-28 修回日期: 2015-01-06

基金项目: 广西教育厅立项项目(KY2015LX712); 广西教育厅一般项目(20103YB169); 广西生态工程职业技术学院课题(201401A) [Supported by the Program of Guangxi Education Office(KY2015LX712, 20103YB169); Program of Guangxi College of Ecological Engineering Vocational and Technical(201401A)].

作者简介: 张丽微(1982-), 女, 吉林松原人, 讲师, 主要从事环境监测、生态系统评价研究, (E-mail) chenhidar@126.com。

*通讯作者: 莫创荣, 博士, 副教授, 研究方向为生态环境保护、环境评价与规划, (E-mail) mochuangrong@163.com。

ding forest by-product, water supply, carbon fixed and oxygen released, biodiversity conservation, environmental purification, soil conservation, forest tourism, forest nutrition storage was evaluated by 13 index. The forest resource survey data in 2009a, long-term observation data from forest ecosystem research station and other public social-economy statistical data were used to work according to the method for assessment of forest ecosystem services in China (LY/T1721-2008). The results showed that the matter quantity of water supply was $5\,051.04\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, the matter quantity of soil fixation was $29.30\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, the matter quantity of nutrient conservation was $1.09\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, the matter quantity of carbon fixation and oxygen released $5.27\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ in Shatang forestry farm. The annual average value of forest ecosystem services in the Shatang forestry farm was 78 077 001 yuan per year. The annual mean value of forest ecosystem services was 79 630 yuan per hectare per year. The value of seven service functions were ranked as follows: water supply (52.02%) > carbon fixation and oxygen release (22.36%) > biodiversity conservation (12.61%) > environmental purification (5.06%) > soil conservation (3.84%) > forest tourism (3.09%) > forest nutrient storage (1.03%). The per unit area value of ecosystem services from varieties of trees were ranked as follows: Eucalyptus forests ($104\,673.43\text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > Other broad leaved forests ($95\,538.66\text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > Economic forests ($69\,537.58\text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > Pin forests ($69\,433.52\text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > Fir forests ($58\,820.11\text{ yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$). The annual mean amount of water supply and carbon fixed in Shatang forestry farm were greater than the average values of Guangxi Zhuang Autonomous Region, and the same to the value in forest tourism. The research indicated that the ecosystem services in small-scale forest in suburban areas played an important role in local forest ecosystem services. It provides the scientific basis for the construction of ecology civilization in Liuzhou City because it is conducive to unify with ecological benefit as the first, with social benefit as the core, with environmental benefits as the premise, with economic efficiency as the goal of forest ecosystem.

Key words: suburban, ecosystem in Shatang forestry farm, ecosystem services, matter quantity, quantity of value

森林是陆地生态系统的主体,是人类发展不可缺少的自然资源,所提供的服务可以是有形的木材、药材等,也可以是无形的森林观光、森林科研、森林文学等。森林生态系统服务功能的内涵是生态系统与生态过程所形成及维持人类生存必需的自然环境条件与效果、作用(Daly,1997)。就目前社会发展趋势来看,城市化是一大趋势,因此,城市森林发挥的生态系统服务功能对人类的影响最大,而一般大城市的森林都集中于城市郊区,因此,对城市郊区小尺度森林生态系统服务功能的评估就显得尤为重要。温室效应为主要特征的全球气候变化及全球碳汇交易问题等,使森林生态系统服务功能评估备受学者们的关注,也取得了许多研究成果(王兵等,2013;李少宁等,2007;余新晓等,2005;赵金龙,2011;薛沛沛等,2013),但都集中在流域、省域、区域等大范围,与现代社会人类生活关系最紧密的城市郊区小尺度的研究较少,而对小尺度的研究更能体现森林作为“城市绿肺”的价值。

本研究以广西柳州市郊区的沙塘林场这一城市郊区小尺度森林为研究对象,对林场2009年的森林生态系统服务功能及价值进行评估,为城市郊区小尺度森林生态服务及价值评估提供理论依据,同时

为当地发展生态旅游和生态保护找到契合点,实现双赢。

1 研究区概况

广西柳州市沙塘林场($108^{\circ}17'10'' \sim 108^{\circ}24'52''$ E, $24^{\circ}42' \sim 24^{\circ}30'07''$ N)位于柳州市柳北区沙塘镇,距市区22 km。东西长7.7 km,南北宽4.5 km,是典型的城市郊区小尺度森林系统。林场属台地,低丘地貌类型,最高海拔242.6 m,最低海拔99.1 m。林区属南亚热带气候区域,夏长冬短,热量丰富,四季分明,雨量充沛。年均气温 $20.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,最热月(7月)平均气温 $28.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,最冷月(1月)平均气温 $9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$;年降雨量 $1\,200 \sim 1\,500\text{ mm}$,多集中在6-9月;年蒸发量 $1\,250 \sim 1\,620\text{ mm}$,全年平均相对湿度78%左右,全年无霜期356.8 d。林场植被属热带亚热带过渡性植被类型,有植物157个科525属1104种。据2009年广西国有沙塘林场森林资源二类调查资料,全场土地面积 $1\,178.2\text{ hm}^2$,其中有林地面积 990.4 km^2 ,占84.16%;在有林地面积中,乔木林地面积 980.5 km^2 ,占99.0%,其它林地面积 9.9 km^2 ,仅占1.0%。因此,沙塘林场是以乔木林地为主(占99%)

的林场,故本研究仅对乔木林地中的树种进行生态系统服务功能价值评估。

全场的乔木林地中按优势树种归纳为杉木类、松类、桉类、其他阔叶林、经济林等 5 个树种组,分布最广的是松类,占 56.28%。

2 研究方法

2.1 指标体系与计算公式

参照《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)中的指标,基于沙塘林场实际及森林生态系统研究的现状,森林防护功能、降噪功能性指标的的计算方法还不成熟且研究较少,故本文不涉及其价值估算。因此,最后确定沙塘林场生态系统服务功能指标涵盖涵养水源、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、森林游憩 7 项功能 13 个功能性指标。

2.1.1 涵养水源功能 包含调节水量和净化水质两个指标。

(1) 调节水量计算公式为 $U_{\text{调}} = 10C_{\text{库}}A(P - E - C)$ 。式中, $U_{\text{调}}$ 为森林年调节水量价值(元·a⁻¹); $C_{\text{库}}$ 为水库库容造价(本文取 6.110 7 元·m⁻³); A 为林分面积(hm²); P 为林外降水量(本文取 1 429.7 mm·a⁻¹); E 为林分蒸散量(mm·a⁻¹); C 为地表快速径流量,总量很小,忽略不计(mm·a⁻¹)。

(2) 净化水质 $U_{\text{净}}$ 可用 $U_{\text{净}} = 10K_{\text{水}}A(P - E - C)$ 进行计算。式中, $U_{\text{净}}$ 为林分净化水质价值(元·a⁻¹); $K_{\text{水}}$ 为水的净化费用(本文取 2.09 元·t⁻¹)。

2.1.2 保育土壤功能 包含固土和保肥两个指标。

(1) 固土计算可用 $U_{\text{固土}} = AC_{\pm}(X_2 - X_1)/\rho$ 计算。式中, $U_{\text{固土}}$ 为林分年固土价值(元·a⁻¹); C_{\pm} 为单位体积土方所需费用(本文取 12.6 元·m⁻³); ρ 为土壤容重(g·m⁻³); X_1 为有林地土壤侵蚀模数(由于柳州属于轻度敏感区,故取 0.70 t·hm⁻²·a⁻¹); X_2 为无林地土壤侵蚀模数(取我国荒山荒地的平均值 30 t·hm⁻²·a⁻¹)。

(2) 保肥计算公式为 $U_{\text{肥}} = A(X_2 - X_1)(NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3 + MC_3)$ 。式中, $U_{\text{肥}}$ 为林分年保肥价值(元·a⁻¹); N 、 P 、 K 为森林土壤平均含氮、磷、钾量(%); R_1 为磷酸二铵化肥含氮量(本文取 14%); R_2 为磷酸二铵化肥含磷量(本文取 15.01%); R_3 为氯化钾化肥含钾量(本文取 50%); C_1 、 C_2 、 C_3 分

别为磷酸二铵、氯化钾、有机质价格(本文取 2 400 元·t⁻¹、2 200 元·t⁻¹、320 元·t⁻¹); M 为森林土壤有机质含量(%)。

2.1.3 固碳释氧功能 包含固碳和释氧两个指标。

(1) 固碳计算公式为 $U_{\text{碳}} = AC_{\text{碳}}(0.444 8B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$ 。式中, $U_{\text{碳}}$ 为林分年固碳价值(元·a⁻¹); $F_{\text{土壤碳}}$ 为单位面积森林土壤年固碳量(t·hm⁻²·a⁻¹); $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格(本文取 1 200 元·t⁻¹); $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力(t·hm⁻²·a⁻¹)。

(2) 释氧计算公式为 $U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}}AB_{\text{年}}$ 。式中, $U_{\text{氧}}$ 为林分年释氧价值(元·a⁻¹); $C_{\text{氧}}$ 为制氧价格(本文取 1 000 元·t⁻¹)。

2.1.4 积累营养物质功能 主要是林木的营养积累指标价值,可表达为 $U_{\text{营养}} = AB_{\text{年}}(N_{\text{营养}}C_1/R_1 + P_{\text{营养}}C_1/R_2 + K_{\text{营养}}C_2/R_3)$ 。式中, $U_{\text{营养}}$ 为林分营养年增加价值(元·a⁻¹); $N_{\text{营养}}$ 、 $P_{\text{营养}}$ 、 $K_{\text{营养}}$ 为林木含氮、磷、钾量(%)

2.1.5 净化大气环境功能 包括提供负离子、吸收污染物、滞尘及释放萜烯类物质等指标。

(1) 提供负离子计算公式为 $U_{\text{负离子}} = 5.256 \times 10^{15} \times AHK_{\text{负}}(Q_{\text{负}} - 600)/L$ 。式中, $U_{\text{负离子}}$ 为林分年提供负离子价值(元·a⁻¹); $K_{\text{负}}$ 为负离子生产费用(本文取 5.818 5 元·10⁻¹⁸个⁻¹); H 为林分高度(m); $Q_{\text{负}}$ 为林分负离子浓度(个·cm⁻³); L 为负离子寿命(本文取 10 min)。

(2) 吸收污染物计算公式为 $U_{\text{污染物}} = K_{\text{污染物}}Q_{\text{污染物}}A$ 。式中, $U_{\text{污染物}}$ 为林分年吸收污染物的价值(元·a⁻¹); $K_{\text{污染物}}$ 为治理费用(本文中 SO₂、氟化物、NO_x 分别取 1.20 元·kg⁻¹、0.69 元·kg⁻¹、0.63 元·kg⁻¹); $Q_{\text{污染物}}$ 为森林污染物吸收量(kg·hm⁻²·a⁻¹)。

(3) 滞尘计算公式为 $U_{\text{滞尘}} = K_{\text{滞尘}}Q_{\text{滞尘}}A$ 。式中, $U_{\text{滞尘}}$ 为森林年滞尘价值(元·a⁻¹); $K_{\text{滞尘}}$ 为降尘费用(本文取 0.15 元·kg⁻¹); $Q_{\text{滞尘}}$ 为森林年滞尘量(kg·hm⁻²·a⁻¹)。

(4) 释放萜烯类物质计算公式为 $U_{\text{萜烯}} = G_{\text{萜烯}} \times P_{\text{萜烯}}$, 其中 $G_{\text{萜烯}} = H \times S \times E_f \times n \times D/1 000$ 。式中, $U_{\text{萜烯}}$ 为森林年释放萜烯类物质价值(元·a⁻¹); $G_{\text{萜烯}}$ 为森林年释放萜烯类物质质量(kg), 与林分的面积 S (m²)、高度 H (m)、释放萜烯类物质的浓度 E_f (g·m⁻³) 及其发挥作用的时间 D (d)、迭代次数 n (次·d⁻¹) 有关; $P_{\text{萜烯}}$ 为市场价格(元·kg⁻¹)。

2.1.6 生物多样性保护功能 主要指物种保育指标价值,由 $S_{生}$ 单位面积年物种损失的机会成本(元· $hm^{-2} \cdot a^{-1}$)和 A 决定,其表达式为 $U_{生物} = S_{生} A$ 。式中, $U_{生物}$ 为林分类型的年物种保育价值(元· a^{-1})。

2.1.7 森林游憩功能 主要是森林游憩指标价值,计算公式为 $U_{游憩} = F/P$ 。式中, $U_{游憩}$ 为森林游憩价值(元· a^{-1}); F 为门票直接收入(元· a^{-1}); P 为占游憩价值比重(元· a^{-1})。

2.2 数据来源

本研究包括(1)沙塘林场 2009 年森林资源二类调查数据。(2)我国权威机构如水利部、农业部等公布的社会公共资源数据,为了避免由于市场价格升高带来的评估结果的不可比性,本文统一采用 LY/T 1721-2008 规范中的数值。(3)研究地域数据。来源于广西生态工程职业技术学院林业调查设计院、沙塘气象站等部门进行的标准样地调查、取样、测定的数据。(4)文献获取数据。来源于公开发表学术期刊中同类研究成果(方精云等,1996;牛香,2012;李少宁等,2007;赵金龙,2011;曹建华等,2008;黄英,2012;韩春子,2009)。

2.3 评估方法

评估方法采用目前森林生态系统研究中最科学有效的方法——分布式测算方法(中国生态服务功能评估组,2010),具体来说:(1)以沙塘林场为一级测算单元,按优势树种林分类型分别划分成 5 个二级测算单元(杉木类、松类、桉树类、其他阔叶林、经济林),(2)每个二级测算单元按照林龄又分为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林 5 个三级测算单元,最终确定 19 个相对均衡的生态系统服务评估单元(其中,杉木类与其他阔无过熟林、经济林只有幼龄林);(3)将各单元数据累加的结果即为沙塘林场的森林生态系统服务功能评估结果。

3 结果与分析

3.1 总物质量

由表 1 可知,柳州市沙塘林场森林生态系统每年涵养水源量为 $4\,952\,545.14\,m^3 \cdot a^{-1}$;固土 $28\,728.65\,t \cdot a^{-1}$,减少 N 损失 $24.89\,t \cdot a^{-1}$,减少 P 损失 $23.09\,t \cdot a^{-1}$,减少 K 损失 $399.98\,t \cdot a^{-1}$,减少有机质损失 $618.20\,t \cdot a^{-1}$;固碳 $5\,163.47\,t \cdot a^{-1}$,释氧 $11\,261.28\,t \cdot a^{-1}$;林木积累 N $26.43\,t \cdot a^{-1}$,积累 P $9.12\,t \cdot a^{-1}$,积累 K $45.82\,t \cdot a^{-1}$;提供负离子 $17\,796\,019.00 \times 10^{15}$ 个· a^{-1} ,

表 1 森林生态系统服务功能总物质量

Table 1 Total matter quantity of ecosystem services in Shatang forestry farm

功能项 Function	功能性指标 Sub-function	单位 Unit	物质质量 Amount of matter	
涵养水源 Water supply	调节水量 Water regulation	$m^3 \cdot a^{-1}$	4 952 545.14	
保育土壤 Soil conservation	固土 Soilfixation	$t \cdot a^{-1}$	28 728.65	
		N	$t \cdot a^{-1}$	24.89
		Nitrogen	$t \cdot a^{-1}$	23.09
		P	$t \cdot a^{-1}$	399.98
		Phosphorus	$t \cdot a^{-1}$	618.20
固碳释氧 Carbon fixation and oxygen release	固碳 Carbon fixation 释氧 Oxygen release	$t \cdot a^{-1}$	5 163.47	
		$t \cdot a^{-1}$	11 261.28	
		N	$t \cdot a^{-1}$	26.43
积累营养物质 Nutrient storage	Nitrogen	$t \cdot a^{-1}$	9.12	
		P	$t \cdot a^{-1}$	45.82
		Phosphorus	$t \cdot a^{-1}$	45.82
净化大气环境 Environmental purification	提供负离子 Air anion supply	10^{15} 个· a^{-1}	17 796 019.00	
		吸收 SO_2 SO_2 absorbtion	$kg \cdot a^{-1}$	105 948.90
		吸收氟化物 Fluoride absorbtion	$kg \cdot a^{-1}$	3 175.75
		吸收 NO_x Nitrogen oxides absorbtion	$kg \cdot a^{-1}$	5 883.00
		滞尘 Dust detainment	$kg \cdot a^{-1}$	24 746 119.00
	释放萜烯类物质 Terpenoids chemicals release	$kg \cdot a^{-1}$	1.229 4	

吸收 SO_2 $105\,948.90\,kg \cdot a^{-1}$,吸收氟化物 $3\,175.75\,kg \cdot a^{-1}$,吸收 NO_x $5\,883.00\,kg \cdot a^{-1}$,滞尘 $24\,746\,119.00\,kg \cdot a^{-1}$,释放萜烯类物质 $1.229\,4\,kg \cdot a^{-1}$ 。

3.2 单位面积物质质量

根据计算,柳州市沙塘林场森林生态系统每年每公顷涵养水源量为 $5\,051.04\,m^3$;固土 $29.30\,t$,保肥 $1.09\,t$ (其中:N $0.03\,t$,P $0.02\,t$,K $0.41\,t$,有机质 $0.63\,t$);固碳 $5.27\,t$,释氧 $11.49\,t$;林木积累 N $0.03\,t$,积累 P $0.01\,t$,积累 K $0.05\,t$;提供负离子 $18\,149.94 \times 10^{15}$ 个,吸收 SO_2 $108.06\,kg$,吸收氟化物 $3.24\,kg$,吸收 NO_x $6.00\,kg$,滞尘 $25\,238.27\,kg$,释放萜烯类物质

表 2 各林分类型森林生态系统服务功能物质质量
Table 2 Matter quantity of different ecosystem services in Shatang forestry farm

功能项 Function	功能性指标 Sub-function	物质质量 Amount of matter				
		杉木类 Fir forest	松类 Pin forest	桉类 Eucalyptus forest	其他阔叶林 Otherbroad leaved forest	经济林 Economic forest
	面积 Area (hm ²)	92.300	551.80	257.40	73.00	6.00
	所占比例 Proportion (%)	9.41	56.28	26.25	7.45	0.61
涵养水源 Water supply	调节水量 Water regulation (m ³ · a ⁻¹)	299 552.17	2 682 288.76	1 512 499.65	428 952.89	29 251.66
保育土壤 Soil conservation	固土 Soil fixation (t · a ⁻¹)	2 704.39	16 167.74	7 541.82	2 138.90	175.80
	N Nitrogen (t · a ⁻¹)	2.52	11.32	7.77	2.99	0.30
	P Phosphorus (t · a ⁻¹)	1.95	13.74	5.28	1.93	0.19
	K Potassium (t · a ⁻¹)	35.81	217.62	115.77	28.94	1.85
	有机质 Organic matter (t · a ⁻¹)	63.55	310.42	159.81	78.50	5.92
固碳释氧 Carbonfixation and oxygen release	固碳 Carbon fixation (t · a ⁻¹)	414.16	2 179.22	2 166.10	375.67	28.32
	释氧 Oxygen release (t · a ⁻¹)	945.70	4 681.86	4 661.98	906.05	65.70
积累营养物质 Nutrient storage	N Nitrogen (t · a ⁻¹)	2.57	12.79	9.17	1.80	0.10
	P Phosphorus (t · a ⁻¹)	1.31	6.29	0.82	0.65	0.04
	K Potassium (t · a ⁻¹)	5.56	26.75	6.82	6.47	0.22
净化大气环境 Environmental purification	提供负离子 Air anion supply (10 ¹⁵ 个 · a ⁻¹)	840 033	6 819 735	7 297 454	2 830 500	8 297
	吸收 SO ₂ SO ₂ absorbtion (kg · a ⁻¹)	10 854.48	64 891.68	22 818.51	6 471.45	912.78
	吸收氟化物 Fluoride absorbtion (kg · a ⁻¹)	429.195	2 565.87	128.7	36.5	15.48
	吸收 NO _x Nitrogen oxides absorbtion (kg · a ⁻¹)	553.80	3 310.80	1 544.40	438.00	36.00
	滞尘 Dust detainment (kg · a ⁻¹)	3 064 360.00	18 319 760.00	2 602 314.00	738 030.00	21 655.00
	释放萜烯类物质 Terpenoids chemicals release (kg · a ⁻¹)	0.1255	0.8264	0.1997	0.0775	0.0003

0.001 3 kg。

3.3 不同林分类型服务功能物质质量

本研究根据 2.1 公式计算沙塘林场 2009 年五种林分类型生态系统服务功能的总物质质量。具体见表 2。

3.4 总价值

由 2.1 公式和本研究数据计算得出 2009 年沙塘林场森林生态系统服务功能总价值量为

78 077 001 元 · a⁻¹, 森林提供的单位面积生态服务价值为 79 630 元 · hm⁻² · a⁻¹。

沙塘林场各功能项森林生态系统服务功能价值的贡献见图 1, 其从大到小顺序为涵养水源 (40 614 336.90 元 · a⁻¹, 52.02%) > 固碳释氧 (17 457 445.76 元 · a⁻¹, 22.36%) > 生物多样性保护 (9 846 500.00 元 · a⁻¹, 12.61%) > 净化大气环境 (3 947 158.99 元 · a⁻¹, 5.06%) > 保育土壤 (2 998 943.74

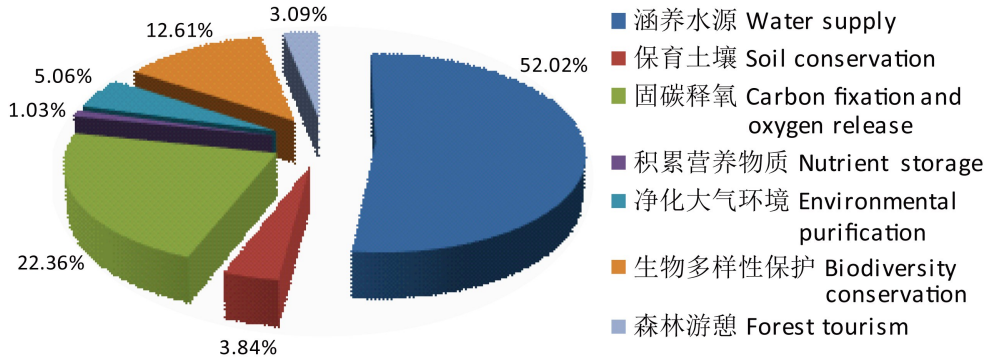


图 1 森林生态系统服务功能总价值

Fig. 1 Total value of ecosystem services in Shatang forestry farm

元·a⁻¹, 3.84%) > 森林游憩 (2 412 000.00 元·a⁻¹, 3.09%) > 积累营养物质 (800 615.81 元·a⁻¹, 1.03%)

3.5 不同林分类型生态系统服务功能价值

沙塘林场各林分类型生态系统服务功能的价值位于 417 225.456~38 313 416.71 元·a⁻¹之间, 各林分类型由大到小的顺序为松类(38 313 416.71 元·a⁻¹) > 桉类(26 942 940.71 元·a⁻¹) > 其他阔叶林(6 974 322.2 元·a⁻¹) > 杉木类(5 429 096.1 元·a⁻¹) > 经济林(417 225.456 元·a⁻¹)。各林分类型单位面积价值位于 58 820.11~104 673.43 元·hm⁻²·a⁻¹之间, 各林分类型由大到小的顺序为桉类(104 673.43 元·hm⁻²·a⁻¹) > 其他阔叶林(95 538.66 元·hm⁻²·a⁻¹) > 经济林(69 537.58 元·hm⁻²·a⁻¹) > 松类(69 433.52 元·hm⁻²·a⁻¹) > 杉木类(58 820.11 元·hm⁻²·a⁻¹)。

4 讨论与结论

4.1 沙塘林场生态系统服务功能价值量分析

沙塘林场森林生态系统服务功能的总价值为 78 077 001 元·a⁻¹, 森林提供的单位面积生态服务价值为 79 630 元·hm⁻²·a⁻¹。沙塘林场森林生态系统服务功能价值量最大的是涵养水源与固碳释氧, 其次是生物多样性保护与净化大气环境, 然后是保育土壤与森林游憩, 积累营养物质处于最后。涵养水源、固碳释氧和生物多样性保护价值合计占到总价值的 86.99%, 这说明涵养水源、固碳释氧和生物多样性保护功能在沙塘林场森林生态系统服务功

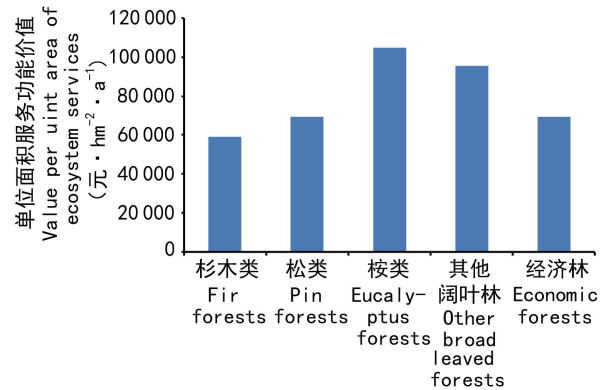


图 2 不同林分类型服务功能单位面积价值

Fig. 2 Value per unit area of different ecosystem services

能的总价值中的地位不可小觑, 是当地主要的生态服务功能, 这也与广西区森林生态系统服务功能总价值的估算一致(王兵, 2013)。

4.2 不同林分类型价值量分析

沙塘林场各林分类型生态系统服务功能的价值位于 417 225.456~38 313 416.71 元·a⁻¹之间, 各林分类型由大到小的顺序为松类>桉类>其他阔叶林>杉木类>经济林。各林分类型单位面积价值位于 58 820.11~104 673.43 元·hm⁻²·a⁻¹之间, 各林分类型由大到小的顺序为桉类>其他阔叶林>经济林>松类>杉木类。松类、桉类是沙塘林场分布面积最广的类型, 其总价值量也最大, 但从单位面积的价值量来看, 桉类的价值量最大, 松类仅排在第 4 位, 其单位面积价值量不大, 但由于分布广, 因此柳州市不能忽视松类生态系统服务功能价值。

4.3 涵养水源在沙塘林场生态系统服务功能中的重要地位

沙塘林场各功能项的森林生态系统服务功能价值中,涵养水源占总价值的 52.02%,在生态系统服务功能中占据重要位置。沙塘林场单位面积涵养水源量为 $5\ 051.04\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,而广西区单位面积涵养水源量为 $3\ 368.32\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (王兵等,2013),即广西城市郊区小尺度森林与整个广西平均值相比,单位面积涵养水源量多 $1\ 682.72\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,说明小尺度森林对整个城市的涵养水源起更加重要的作用。一般,像沙塘林场这样的城市郊区小尺度森林无大的河流经过,也无大型湖泊,能调节水量的只有已有的森林,因此,森林涵养水源的地位举足轻重。

4.4 森林的碳汇作用

2009年,广西森林每年每公顷固碳量为 3.52 t(折算成吸收二氧化碳 12.91 t)(王兵等,2013),而沙塘林场每年每公顷固碳量为 5.27 t(折算成吸收二氧化碳 19.32 t),可见城市郊区小尺度森林固碳作用更加明显。作为中心城市的后花园,郊区森林要发挥最大的优势,通过提供碳汇功能来为城市服务,这样城市中心与郊区实现互补。这说明城市郊区的小尺度森林能起到城市碳库的作用。

4.5 城市郊区的森林游憩作用

目前,我国大城市周边的郊区已成为城市人群休息游玩的主要场所,有离城市中心近、环境良好的优点。沙塘林场位于柳州市北郊,良好的环境越来越吸引游客。而在生态系统服务功能价值比重中,森林游憩占了 3.09%,远大于广西区森林游憩的平均价值占比(0.19%)(王兵等,2013),因此,我们要发挥城市郊区森林的这种优势,为城市人群提供良好的休息环境,为城市发展服务。同时,郊区小尺度森林也能为柳州生态旅游建设提供载体,促进人与自然和谐发展。

4.6 城市郊区小尺度森林对生态建设的作用

柳州城市郊区小尺度森林相比于整个广西区森林而言,在生态系统服务功能价值上能发挥更大的作用,尤其是在涵养水源、固碳、森林游憩等生态功能上,这与柳州市目前大力发展的生态旅游方向一致,尤其是生态乡村游,发挥好沙塘林场的各项生态系统服务功能,能为柳州市生态建设提供帮助。

综上所述,用森林生态系统服务功能评估方法对城市郊区小尺度森林的各项服务功能及价值进行

评估是可行的,能够准确反映小尺度森林的服务特点,能充分发挥城市中心与城市郊区的优势,实现互补,为各大城市生态建设提供科学建议。但应当看到,受目前科学技术水平、指标体系、数据的取得等多方面的限制,该评估中有部分价值是不完全的,如森林防护、降低噪声就无法进行计算,因此,在未来的研究中,可进一步完善评估方法,使其与实际契合更紧,同时,也可对森林生态系统服务功能进行动态评估,从而指导城市的可持续发展。

参考文献:

- CAO JH, JIANG ZC, YANG DS, et al. 2008. Grading of soil erosion intensity in Southwest karst area of China [J]. *Sci Soil & Water Cons*, 6(6):1-7. [曹建华, 蒋忠诚, 杨德生, 等, 2008. 我国西南岩溶区土壤侵蚀强度分级标准研究 [J]. *中国水土保持科学*, 6(6):1-7.]
- DALY GC, 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems* [M]. Washington DC: Island Press ;53-80.
- FANG JY, LIU GH, XU SL, 1996. Biomass and net production of forest vegetation in China [J]. *Acta Ecol Sin*, 16(5):497-508. [方精云, 刘国华, 徐嵩龄, 1996. 我国森林植被的生物量和净生产量 [J]. *生态学报*, 16(5):497-508.]
- HAN CZ, 2009. Evaluation of forest ecosystem services of national forest park of Liangfengjiang in Nanning [D]. Nanning: Guangxi University:1-65. [韩春子, 2009. 良凤江国家森林公园森林生态系统服务功能评价 [D]. 南宁:广西大学:1-65.]
- HUANG Y, 2012. The research on service function of forest ecosystem in rural areas [D]. Changsha: Centr South University Forest Technology: 1-43. [黄英, 2012. 乡村森林生态系统服务功能研究 [D]. 长沙:中南林业科技大学:1-43.]
- LI SN, WANG B, GUO H, et al, 2007. Assessment of forest ecosystem services value in Dagangshan [J]. *Sci Soil & Water Cons*, 5(6):58-64. [李少宁, 王兵, 郭浩, 等, 2007. 大岗山森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. *中国水土保持科学*, 5(6):58-64.]
- NIU X, WANG B, 2012. Evaluation on forest ecosystem services in Fujian Province based on distributions measurement methodology [J]. *Sci Soil & Water Cons*, 10(2):36-43. [牛香, 王兵, 2012. 基于分布式测算方法的福建省森林生态系统服务功能评估 [J]. *中国水土保持科学*, 10(2):36-43.]
- THEPROJECT GROUP OF ECOLOGICAL SERVICES ASSESSMENT IN CHINA, 2010. *Assessment of forest ecological services in China* [M]. Beijing: China Forest Press; 5-19. [《中国生态服务功能评估》项目组, 2010. 中国森林生态服务功能评估 [M]. 北京:中国林业出版社:5-19.]
- WANG B, WEI JS, YU SB, et al, 2013. Research on forest ecosystem services in Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. *Guihaia*, 33(1):46-51. [王兵, 魏江生, 俞社保, 等, 2013. 广西壮族自治区森林生态系统服务功能研究 [J]. *广西植物*, 33(1):46-51.]
- XUE PP, WANG B, NIU X, et al, 2013. Forest ecosystem service and its evaluation in Wuning County, Jiangshan City and Shaowu City [J]. *J Soil Water Cons*, 27(5):249-254. [薛沛沛, 王兵, (下转第 889 页 Continue on page 889)