

重庆湿地生态系统服务功能值评价与分析

薛兰兰¹, 袁兴中², 王轶浩¹, 何邦亮¹, 刘访兵¹

(1. 重庆市林业科学研究院, 重庆三峡湿地生态系统定位研究站, 重庆 400036;

2. 重庆大学资源及环境科学学院, 重庆 401147)

摘要: 本文旨在评估出重庆湿地生态系统服务功能的价值, 为重庆湿地生态系统的管理、服务功能评价和生态补偿提供科学依据。通过蓄水调节、净化水质、大气调节、生物多样性保护、休闲游憩、教育科研等6个方面8个指标作为湿地生态系统服务评价指标体系。经评估, 2013年重庆市湿地生态效益481.34亿元, 占重庆市GDP总量的3.80%。蓄水调节价值为263.99亿元, 净化水质价值53.90亿元, 大气调节38.51亿元, 生物多样性保护价值为4.58亿元, 休闲游憩价值为109.25亿元, 教育科研价值为11.11亿元。

关键词: 湿地; 生态系统服务; 价值评价; 重庆

中图分类号: S718.56

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2015)05-0007-04

Evaluation and Analysis of the Value of Wetland Ecosystem Service in Chongqing

XUE Lan-lan¹, YUAN Xing-zhong², WANG Yi-hao¹, HE Bang-liang¹, LIU Fang-bing¹

(1. Chongqing Academy of Forestry, The Wetland Ecosystem Research Station of Three Gorges in Chongqing, Chongqing 400036, China;

2. College of Resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The purpose of this paper is to evaluate the value of the wetland ecosystem service in Chongqing, then provide scientific basis for Chongqing wetland ecosystem management, evaluation of wetland ecosystem service and ecological compensation. Such six aspects as water adjustment, water purification, climate regulation, biodiversity protection, recreation, education, scientific research including eight indexes were selected for the evaluation of wetland ecosystem services. Through the assessment of them, the total wetland ecological benefit in Chongqing was 48.134 billion Yuan in 2013, which accounted for 3.80% of GDP in Chongqing. The value of wetland water adjustment was 26.399 billion Yuan. In water purification, the worth reached 5.39 billion Yuan. The benefit of atmosphere regulation was equal to 3.851 billion Yuan. Biodiversity conservation value reached 458 million Yuan. The recreational value was 10.925 billion Yuan and the value of education and scientific research was near 1.111 billion Yuan.

Key words: Wetland, Ecosystem service, Evaluation, Chongqing

湿地是位于陆生生态系统和水生生态系统之间的生态带, 具有独特功能的生态系统, 是珍贵的自然资源, 也是重要的生态系统, 具有不可替代的综合功能。联合国环境规划署(UNEP)、世界自然保护联盟(IUCN)和世界自然基金会(WWF)联合制定的

《世界自然资源保护大纲》(World Conservation Strategy)把湿地生态系统与森林生态系统、海洋生态系统并列为全球3大生态系统^[1]。湿地在涵养水源、净化水质、调蓄洪水、调节气候、维护生物多样性及维护区域生态平衡等方面有着其他生态系统不可替

收稿日期: 2015-07-03

基金项目: “重庆三峡库区消落带植被构建技术研究”项目(2013cstc--jbky-00704)。

作者简介: 薛兰兰(19—), 山西人, 博士, 在读博士后。现工作于重庆市林业科学研究院, 从事湿地生态学、湿地修复等方面的研究。Email: shy2001301@163.com。

代的作用^[2],被誉为“地球之肾^[3]”、“生命的摇篮”和“物种的基因库”。

我国湿地评估始于20世纪90年代末,崔丽娟和宋玉祥^[4]对国内湿地生态价值进行了全面评估,成为国内湿地价值评估的开创者。已经逐步由直接使用价值评价转移到生态服务功能的评价,评价范围由单一特定湿地逐步扩大到一个省、市等范围内湿地生态系统服务功能的评价。本文针对重庆市湿地生态系统所提供的功能进行评价,经过推敲分析建立合理的评价指标体系,运用相应的评价方法,评估出重庆湿地生态系统服务功能的价值,为重庆湿地生态系统的管理、服务功能评价和生态补偿提供科学依据。

1 重庆湿地资源概况

1.1 重庆湿地总面积及类型

重庆市地处我国内陆西南、长江上游地区,地跨东经105°11′~110°11′、北纬28°10′~32°13′之间的青藏高原与长江中下游平原的过渡地带,辖区东西长470 km,南北宽450 km,辖区总面积8.24万km²。境内江河纵横,水资源丰富,长江自西南向东北横贯市境,600余公里长江干流汇集了嘉陵江、渠江、涪江、乌江、大宁河等五大支流及上百条小河流,流域面积大于3000 km²的河流主要有长江、嘉陵江、乌江、涪江、大宁河等,流域面积大于1000 km²的河流有40条,流域面积大于100 km²的河流207条,其中过境河流31条。根据重庆市2011年第二次全国湿地资源调查报告显示(2011),湿地总面积为20.70万hm²,其中自然湿地(包括湖泊湿地、河流湿地、沼泽湿地)8.75万hm²,占湿地总面积42.27%,人工湿地11.95万hm²,占湿地总面积57.73%(表1)。重庆市还有水稻田湿地类型面积68.20万hm²,本文中稻田并未计算在内。

表1 重庆湿地概况

Table 1 The wetland situation in Chongqing

湿地类	湿地类型	面积 (hm ²)	湿地型 比例 (%)	湿地类 面积 (hm ²)	湿地类 比例 (%)
	总计	207 002.23	100.00	207 002.23	100.00
河流湿地	洪泛平原湿地	2 287.17	1.10	87 179.05	42.12
	永久性河流	84 891.88	41.01		
湖泊湿地	永久性淡水湖	262.75	0.13	262.75	0.13
沼泽湿地	草本沼泽	42.29	0.02	62.01	0.03
沼泽化草甸		19.72	0.01		
人工湿地	库塘	117 859.69	56.94	119 498.42	57.73
水产养殖场		643.03	0.31		
运河、输水河		995.70	0.48		

1.2 重庆市湿地资源

1.2.1 水资源

重庆湿地水资源主要包括河流、湖泊和水库的淡水资源。境内河流纵横,长江自西南向东北横贯市境,北有嘉陵江,南有乌江汇入,形成向心的、不对称的网状水系。境内流域面积大于100 km²的河流有207条,其中流域面积大于1000 km²的河流有40条。大中型水库共计66座,年末总蓄水量18.3380亿m³。重庆市湿地水资源极其丰富,充分保证了全市经济社会发展的需求。

1.2.2 生物资源

重庆湿地动物资源丰富,尤其鸟类、鱼类等物种多样性极为丰富,是重要的物种基因库。据第2次全国湿地资源调查统计,重庆市湿地脊椎动物有563种,隶属于36目118科340属。国家重点保护的珍稀保护动物26种,其中国家Ⅰ级保护的有中华鲟、达氏鲟、白鲟、东方白鹳、林麝等5种;国家Ⅱ级保护动物有胭脂鱼、大鲵、赤颈、白琵鹭、黑脸琵鹭、大天鹅、小天鹅、黑鸢、红隼等21种。

重庆市湿地植物种类众多,据初步统计重庆市共有湿地维管束植物707种,隶属128科368属。其中国家重点保护野生湿地植物共有浮叶慈姑、野菱、莲、金荞麦4种,均为国家Ⅱ级保护物种,其中野菱为中国特有种。

1.2.3 景观资源

重庆湿地类型较全,分布广泛,湿地景观资源丰富。有小南海等湖泊湿地,有长江、嘉陵江、乌江、渠江、涪江等河流湿地;三峡库区、长寿湖、大洪湖等人工湿地。重庆市境内巴山绵延、渝水纵横,山川秀美,人杰地灵,历史源远流长,文化积淀深厚,孕育了丰富而独特的湿地景观资源,国家级风景名胜区有长江三峡、大宁河小三峡、“植物王国”金佛山、江津四面山、北碚缙云山、合川钓鱼城、石柱黄水风景名胜区等;国家级地质自然保护区有小南海;市级风景名胜区有小南海、统景、南山-南泉、龙溪河长寿湖、大足龙水湖、璧山青龙湖等。另外,依托各具特色的湿地景观资源,重庆市已经建立市级以上湿地公园10处。其中国家级湿地公园有迎风湖、酉水河、皇华岛、阿蓬江等7处,市级湿地公园有龙水湖、青山湖、小安溪等3处。

2 评价指标的选择与计算方法

2.1 评价指标的选择

湿地生态系统服务功能价值主要包括提供物质

生产、水源供给、调蓄洪水、净化水质、涵养水源、防风固堤、调节气候、固定营养物质、生物多样性、重要物种栖息地、旅游、科研教育等方面的价值。

本文选取蓄水调节、净化水质、大气调节、生物多样性保护和休闲游憩 6 类 8 个指标对重庆市湿地生态服务价值进行评价(见图 1)。

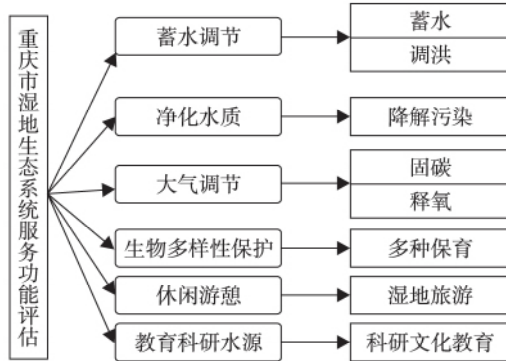


图 1 重庆市湿地生态系统服务功能指标体系

Fig. 1 Indicators for value of wetland ecosystem in Chongqing

2.2 指标评价方法

2.2.1 蓄水调节

湿地生态系统提供的蓄水调节服务价值采用替代工程法(或影子工程法),即湿地蓄水量等同于修建同等规模的水利工程,从而间接地评价湿地蓄水调节的价值。首先计算湿地年蓄水总量,然后再用适当的计价标准评价其价值。蓄水调节服务价值的计算公式为:

$$y = y_x + y_t = Q_x \cdot P + Q_t \cdot P \quad (1)$$

式中: y ——湿地蓄水调节服务价值,元·a⁻¹;

y_x ——湿地蓄水服务价值,元·a⁻¹;

y_t ——湿地调节洪水服务价值,元·a⁻¹;

Q_x ——湿地年末蓄水总量, m³;

Q_t ——湿地调节洪水总量, m³;

P ——替代水库工程修建成本,元·cm⁻³;

10⁴——换算系数。

2.2.2 净化水质

对湿地净化水质功能值利用湿地降解污染的成本进行计算。计算公式为:

$$y = A \cdot P \quad (2)$$

式中: y ——湿地净化水质价值,元·a⁻¹;

A ——湿地面积, hm²;

P ——湿地降解污染的成本,4 177 美元·hm⁻²·a⁻¹[9]。

2.2.3 大气调节

湿地的大气调节功能主要是指其固定 CO₂ 和释放 O₂ 的作用。根据光合作用方程式,植物每生产 1 t 干物质,可以固定 1.63 t CO₂,释放 1.19 t O₂。对湿地固定 CO₂ 的价值采用碳税法进行估算,释放 O₂ 的价值采用工业制氧成本法进行估算。计算公式如下:

$$y = V_c + V_o = 1.63 \cdot B \cdot R \cdot P_c + 1.19 \cdot B \cdot P_o^{[5]} \quad (3)$$

式中: y ——湿地大气调节价值,元·a⁻¹;

V_c ——固碳价值,元·a⁻¹;

V_o ——释氧价值,元·a⁻¹;

P_c ——固碳价格,元·t⁻¹;

P_o ——释氧价格,元·t⁻¹;

B ——湿地生物量, t·a⁻¹;

R ——CO₂ 中 C 所占的比例,即 12/44。

2.2.4 生物多样性保护

重庆湿地生态系统生物多样性服务价值采用单位面积湿地生物多样性保护价值计算。该服务价值的计算公式为:

$$V_{BD} = I \cdot A \quad (4)$$

式中: V_{BD} ——生物多样性维护价值;

I ——生物多样性保护价值当量,元·hm⁻²;

A ——湿地总面积, hm²。

2.2.5 休闲游憩

采用单位面积湿地休闲游憩的价值计算重庆湿地生态系统休闲游憩服务价值。计算公式为:

$$y = Q \cdot P \quad (5)$$

式中: y ——湿地休闲游憩服务价值,元·a⁻¹;

Q ——接纳旅游人数(人·次⁻¹);

P ——人均旅游花费(元·人⁻¹·次⁻¹)。

2.2.6 科研教育

教育科研采用替代法对湿地提供的教育科研价值进行评价。利用单位面积湿地生态系统教育科研价值的平均值,计算重庆湿地教育科研价值。计算公式为:

$$y = A \cdot P \quad (6)$$

式中: y ——年湿地教育科研价值,元·a⁻¹;

A ——湿地面积, hm²;

P ——单位面积湿地教育科研价值,元·hm⁻²·a⁻¹。

2.2.7 数据来源

本文所采用数据主要有 4 个来源:

一是第 2 次全国湿地资源调查报告[6]。

二是长江三峡湿地生态系统定位观测研究站开展的长期、连续、定位观测研究数据。

三是国家和重庆市农业、水利、环保等相关机构公布的社会公共数据和相关文献资料。

四是权威期刊所发表的科研论文。

社会公共数据,其主要来源如下:

1) 水库库容造价:按照 LY/T1721-2008《森林生态系统服务功能评估规范》,单位库容造价为 6.11 元。

2) 固碳价格:采用欧盟碳税率,折合为 1 281 元·t⁻¹。

3) 氧气价格:根据工业制氧 2013 年度平均成本,为 420 元·t⁻¹。

3 重庆湿地生态系统服务价值评估结果

3.1 蓄水调节

根据重庆市水资源公报^[7],重庆市年末大中型水库蓄水总量为 18.34 亿 m³,目前修建 1 m³ 水库的成本为 6.11 元,重庆市湿地生态系统蓄水服务价值为 112.04 亿元·a⁻¹。根据湿地调节洪峰量,得出湿地生态系统调节洪水的价值为 151.95 亿元·a⁻¹。重庆市湿地生态系统蓄水调节服务的总价值为 263.99 亿元·a⁻¹。

3.2 净化水质

根据当前人民币汇率 1 美元折合人民币 6.2335 元计算,重庆市湿地生态系统净化水质的服务功能价值为 53.90 亿元·a⁻¹。

3.3 大气调节

据研究湿地生态系统的生物量为(干重):为 17.4 t·hm⁻²。由此推算出重庆湿地生态系统的总生物量为 360.18 万 t。

固碳价格按欧盟碳税率 1 281 元·t⁻¹ 计算。重庆市湿地生态系统的固碳价值为 20.51 亿元·a⁻¹。工业制氧成本为 420 元·t⁻¹,重庆湿地生态系统释氧价值为 18.00 亿元·a⁻¹。重庆市湿地生态系统大气调节的价值为 38.51 亿元·a⁻¹。

3.4 生物多样性保护

湿地生态系统生物多样性保护价值当量为 2 212.2 元·hm⁻²^[8],湿地生态系统生物多样性保护价值为 4.58 亿元·a⁻¹。

3.5 休闲游憩

据第 2 次全国湿地资源调查中重庆市湿地年平

均接待游客数量和 2010 年~2013 年游客增长比例计算,重庆 2013 年湿地旅游接待人数为 1 900 万人次。引用 2013 年重庆市旅游旅游业统计公报的数据,旅游人均消费为 575.01 元。重庆市湿地生态系统休闲游憩服务价值为 109.25 亿元·a⁻¹。

3.6 科研教育

据研究全球湿地单位面积提供的科研教育价值为 861 美元·hm⁻²·a⁻¹^[9],重庆市湿地生态系统提供的科研教育价值为 11.11 亿元·a⁻¹。

4 评估结果分析

4.1 湿地生态服务价值构成分析

重庆市湿地生态系统服务功能值的评价结果显示,重庆市湿地的生态系统服务总价值为 481.343 亿元·a⁻¹,其中蓄水调节占湿地总服务价值的 54.84%,净化水质的价值占 11.2%,大气调节占 8.0%,生物多样性保护价值占 0.95%,休闲游憩的价值占 22.7%,科研教育占 2.31%(表 2)。评估结果表明,重庆市湿地生态系统服务价值主要体现在涵养水源、休闲游憩、净化水质 3 个方面,占全部价值的 89.74%(图 2)。

表 2 重庆市湿地生态系统服务价值

Table 2 The value of wetland ecosystem service in Chongqing

生态服务	价值(亿元·a ⁻¹)	比重(%)
蓄水调节	263.99	54.84
净化水质	53.90	11.20
大气调节	38.51	8.00
生物多样性保护	4.58	0.95
休闲游憩	109.25	22.70
教育科研	11.11	2.31
总价值	481.34	100.00

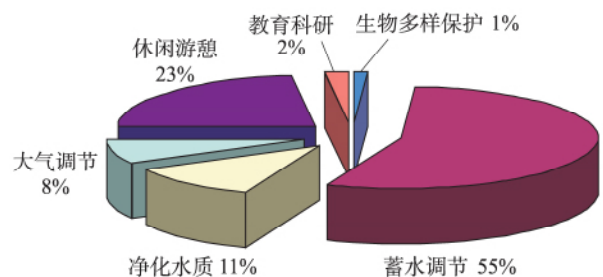


图 2 重庆市 2013 年湿地生态系统主要生态服务功能价值

Fig. 2 The values of main wetland ecosystem service in Chongqing in 2013

(下转第 15 页)

低于一定密度时对生长可能没有影响。苗木各部分的生物量之间的相关性分析表明,高密度对植株的生物量分配有较大影响,低密度时这种影响较小。

苗木的竞争指数随着密度的降低而减小,在不同密度时竞争指数之间的差异性显著。苗木的地下竞争指数、地上竞争指数与总竞争指数之间存在着显著性相关。同一密度情况下,苗木的地上竞争指数高于地下竞争指数,地上竞争在总竞争中占据着重要作用。这与闽楠生长竞争类似^[9],而与水曲柳生长竞争方式不同^[10]。通径分析可量化的分析山桐子苗木地上竞争和地下竞争对总竞争的影响大小。同等密度条件下,地上竞争对总竞争的直接作用大于地下竞争对总竞争的直接作用,这也和竞争指数的结果相同,表明地上部分竞争在总竞争中占据主要作用。随着密度的减小,地上和地下的直接竞争系数都增大,而间接竞争系数均减小。通径系数的变化反映了苗木的直接竞争作用和间接竞争作用的竞争状态,为有效地研究山桐子地上竞争和地下竞争提供了重要信息,同时也为科学地制定山桐子育苗与培育措施提供了理论基础。

参考文献:

- [1] Weiner J. Neighborhood interference amongst *Pinus rigida* individuals[J]. *Journal of Ecology*, 1984, 72(2): 183 ~ 195.
- [2] Aerts R R, Boot G A, van der Aert P J. The relation between above- and below-ground biomass allocation patterns and competitive ability[J]. *Oecologia*, 1991, 87(4): 551 ~ 559.
- [3] Casper B B, Jackson R B. Plant competition underground[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997, 28: 545 ~ 570.
- [4] 周桂香, 吴方全, 李成焰, 等. 四川省广元市毛叶山桐子资源的开发利用[J]. *四川林业科技*, 2009, 30(3): 70 ~ 73.
- [5] 王大兵, 李新, 白杰建, 等. 毛叶山桐子优树种实性状变异初步研究[J]. *四川林业科技*, 2012, 33(5): 12 ~ 16.
- [6] 罗建勋, 陈建国, 高洁, 等. 毛叶山桐子 19 个半同胞家系子代苗期遗传测定评价[J]. *四川林业科技*, 2014, 35(2): 9 ~ 12.
- [7] 吴登高, 贾晨, 周云霞, 等. 毛叶山桐子生长特性的研究[J]. *四川林业科技*, 2015, 36(2): 27 ~ 31.
- [8] 赵丽英, 杨建伟, 张二芹, 等. 环境因子对盆栽刺槐苗木生理生长变化影响的通径分析[J]. *林业科学*, 2010, 46(4): 140 ~ 145.
- [9] 刘宝, 陈存及, 林思祖, 等. 不同密度闽楠苗木地上部分与地下部分竞争的定量研究[J]. *福建林学院学报*, 2013, 33(2): 119 ~ 123.
- [10] 王政权, 王军邦, 孙志虎, 等. 水曲柳苗木地下竞争与地上竞争的定量研究[J]. *生态学报*, 2003, 23(8): 1512 ~ 1518.

(上接第 10 页)

4.2 重庆市湿地生态服务价值与 GDP 比较

依据国内生产总值(GDP)核算制度和第 2 次全国经济普查结果,2013 年重庆市 GDP 初步核算总量为 12 656.69 亿元,2013 年湿地生态系统服务功能总价值为 481.34 亿元·a⁻¹,占重庆市 GDP 的 3.80%。

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: 311 ~ 312.
- [2] 翟金波, 田伟君. 滨海滩涂资源的开发历程及主要利用模式分

析[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(19): 10186 ~ 10188.

- [3] 张钢, 赵晶. 植物生态学指导下的湿地植物建设[J]. *山西农业科学*, 2009, 37(6): 59 ~ 61.
- [4] 崔丽娟, 宋玉祥. 湿地社会经济评价指标体系研究[J]. *地理科学*, 1997, 17(增刊): 446 ~ 450.
- [5] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评估规范 LY/T1721-2008[S]. 2008.
- [6] 重庆市林业局. 重庆湿地资源调查报告[R]. 重庆市水利局, 2011.
- [7] 重庆市水利局. 重庆市水资源公报[R]. 重庆市水利局, 2010.
- [8] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. *资源科学*, 2001, 23(6): 6 ~ 9.
- [9] Costanza R. The value of the world's ecosystem and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(15): 253 ~ 260.