

文章编号:1001-4810(2013)02-0211-07

岩溶石漠化地区生态系统服务价值评价

——以金沙县为例

郭红艳¹,王月容^{1,2},卢琦¹,周金星¹,韦清章³

(1. 中国林业科学研究院荒漠化研究所,北京 100091;2. 北京市园林科学研究所,北京 100102;
3. 贵州省毕节市防治石漠化管理中心,贵州 毕节 551700)

摘 要:为建立针对于岩溶区生态服务价值的评价方法,进而为国家石漠化综合治理工程效益评价提供数据参考,在大量阅读国内外关于岩溶区生态服务价值文献的基础上,以金沙县为例,构建了岩溶地区生态服务价值评估体系,并以林地生态系统、耕地生态系统、草地生态系统和未利用地生态系统为研究对象,选取生产有机质、固碳释氧、保持水土和景观游憩文化 4 个主导功能来估算区域的生态服务价值。研究结果显示:金沙县 2005 年到 2010 年 4 大生态系统总服务价值平均每平方公里减少 1.62 万元,总减少量 3 607 万元(占全县 2010 年 GDP 的 0.42%)。其中生产有机质服务功能减少 3 232 万元,固碳释氧功能减少 2 325 万元,保持水土功能增加 1 615 万元,景观游憩文化功能增加 335 万元。

关键词:岩溶石漠化;生态系统;生态服务价值;金沙县

中图分类号:F301.24 **文献标识码:**A

0 引 言

我国岩溶面积约占我国国土面积的 1/3,最大集中连片区分布在以云贵高原为中心的西南岩溶石山区^[1]。该区特殊的地质背景形成了岩溶地区相对脆弱的生态环境,再加上近百年来人类对自然环境的不合理利用,导致该地区植被减少,水土流失加剧,土地石漠化现象严重。2010 年,我国西南岩溶地区石漠化土地面积 12.00 万 km²,占岩溶土地面积的 26.5%;潜在石漠化土地面积 13.32 万 km²,占岩溶土地面积的 29.4%。石漠化土地和潜在石漠化土地面积共占岩溶土地面积的 55.9%^[2],且每年有一定数量的非石漠化土地退化为潜在石漠化土地和石漠化土地。这种土地状态的变化和人类行为具有较高的关联性。2008 年,我国实现了石漠化重点县的石漠化综合治理试点工程,2010 年较 2005 年石漠化土地面积减少了 9 600 km²,那么从区域生态服务价值的角度对治理效果进行评价,结果会是怎样的?

生态系统服务是人类生存和发展的基本条件,指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务^[3]。在国内外众多学者的努力下,生态系统服务经历了概念提出、定义辨析、内涵阐述这三个过程,进入到价值评估阶段^[3-8]。开展陆地生态系统服务评估的研究已成为保障国家生态安全的重大战略需求^[9]。近 30 年以来,生态服务价值评估从生态系统服务、自然资本、生态资本、生物多样性等角度大量开展,在理论、方法和应用的广度和深度上取得了前所未有的进展^[10],针对生态系统服务价值评估的理论研究和技術方法都在不断更新^[11],同时有更多的研究者对岩溶地区生态服务价值进行了研究。例如对岩溶地区森林或林地生态系统服务价值的研究^[12-13]、岩溶地区生态敏感性与服务价值关系的研究^[14]、土地利用及其变化对生态系统服务价值的影响研究^[15-19]、生态服务价值的空间及时间尺度特征研究^[20-21]等。生态系统服务功能包括气体调节、气候调节、土壤形成与保护、废物处理、生物多样

基金项目:国家林业局“岩溶石漠化综合治理工程效益监测与评估”项目(2009)
第一作者简介:郭红艳(1982—),女,博士生,研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: guohongyan1024@163.com。
通讯作者:卢琦(1963—),E-mail: luqi_ids@gmail.com。
收稿日期:2013-02-19

性保护、食物生产、原材料和原料文化等。本文以贵州省金沙县为例,构建了岩溶区生态服务价值评估体系,进而对金沙县岩溶地区石漠化综合治理工程效益进行了评价,试图从生态服务价值变化的角度,为综合治理工程的效益提供客观的评价依据。

1 研究区概况

金沙县位于贵州西北部(图 1),毕节地区东部,东经 105°47'~106°44',北纬 27°07'~27°46'之间。全县国土面积 2 528 km²,地处黔中丘原向黔西北高原山地的过渡地带,属亚热带湿润季风气候。常年平均气温 12.1~16.5℃,年均降水量 1 048 mm,具有雨热同季的特点。截止 2010 年底,全县总人口

669 661 人,人口自然增长率 4.9 %,人口密度 252 人/平方公里,经济发展水平相对落后。

2010 年的石漠化(图 1)监测数据显示,金沙县 2 528.0 km² 国土面积中,现有岩溶土地面积 2 230.56 km²,占县国土面积的 88.23 %,分布在全县 25 个乡镇。其中石漠化土地面积 430.64 km²,占县国土面积的 17.03 %;潜在石漠化土地面积 377.15 km²,占县国土面积的 14.92 %;非石漠化土地面积 1 422.78 km²,占县国土面积的 56.28 %。在石漠化土地面积中,轻度、中度、重度和极重度石漠化土地面积分别为 118.88 km²、302.76 km²、8.57 km²和 0.43 km²,分别占县国土面积的 4.70 %、11.98 %、0.34 %和 0.02 %。

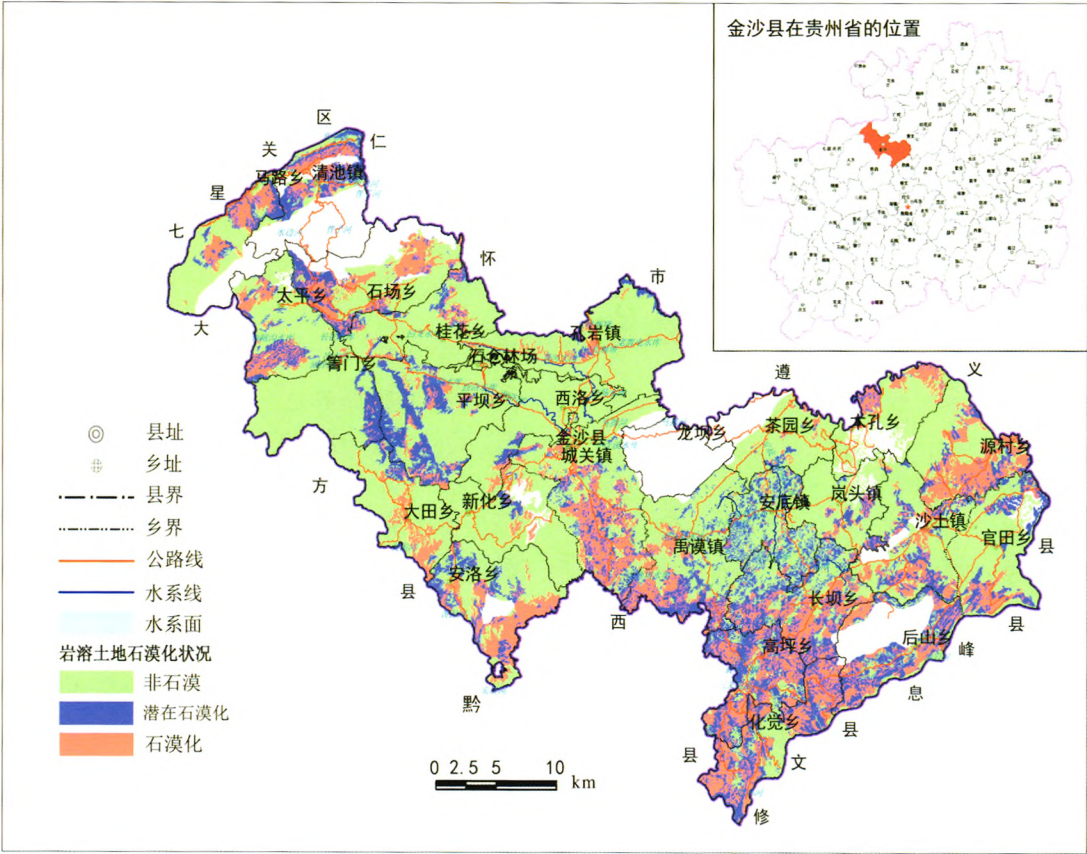


图 1 2010 年金沙县土地石漠化程度分布图(来源:金沙县林业局)

Fig.1 Distribution of rocky deserts at different desertification degree in Jinsha County in 2010 (the data is from the Forestry Bureau of Jinsha County)

2 研究方法

2.1 岩溶区生态服务功能指标选取

本文以岩溶区的林地生态系统(包括有林地、疏林地、灌木林地、未成林造林地、苗圃地、无立木林地、宜林地和林业生产辅助用地),耕地生态系统(包括水

田、旱地和梯土化旱地),草地生态系统(包括天然草地、改良草地和人工草地),未利用地生态系统为研究评价对象,不包括建设用地和水域生态系统。依据中南规划院《西南岩溶地区石漠化监测技术规定》分级标准(2005)将土地划分为非石漠化土地、潜在石漠化土地和石漠化土地,其中石漠化土地又分为轻度、中

度、重度和极重度 4 个等级。通过对大量参考文献的阅读,并结合岩溶区的特点,选取了 4 个主导服务功能作为评价指标,分别是:生产有机质功能、固碳制氧功能、保持水土功能和景观游憩文化功能。

2.2 数据来源

(1)2010 年金沙县标准地调查、样地土壤及植物实测数据;(2)金沙县石漠化监测数据(2005 年、2010 年);(3)我国权威机构公布的社会公共数据(见表 1);(4)参考文献数据^[22-26]。

表 1 社会公共数据^[27]
Table 1 Social public data

名称	含量或价格	数据来源及说明
磷酸二铵含氮量	14.00 %	化肥产品说明
磷酸二铵含磷量	15.01 %	
氯化钾含钾量	50.00 %	
磷酸二铵价格	2 400 元/t	采用农业部中国农业信息网(http://www.agri.gov.cn)中 2007 年春季平均价格
氯化钾价格	2 200 元/t	
有机质价格	320 元/t	
固碳价格	1 200 元/t	用瑞典的碳税率(每吨 150 美元)换算得出
制造氧气价格	1 000 元/t	采用中华人民共和国卫生部网站(http://www.moh.gov.cn)中 2007 年春季氧气平均价格
煤炭价格	400 元/t	中国煤炭网,2007 年北京市场价格
清理河道淤泥成本	12.60 元/t	2002《中华人民共和国水利部水利建设工程预算定额》上册

2.3 评价体系及计算方法

2.3.1 评价体系

遵循构建评估体系的科学性、系统性、代表性、数量化和可获取性原则,本研究选取能够反映岩溶生态

服务功能的生产有机质、固碳释氧、保持水土、景观游憩文化 4 个基本因子作为评价指标,评价体系结构如图 2 所示。

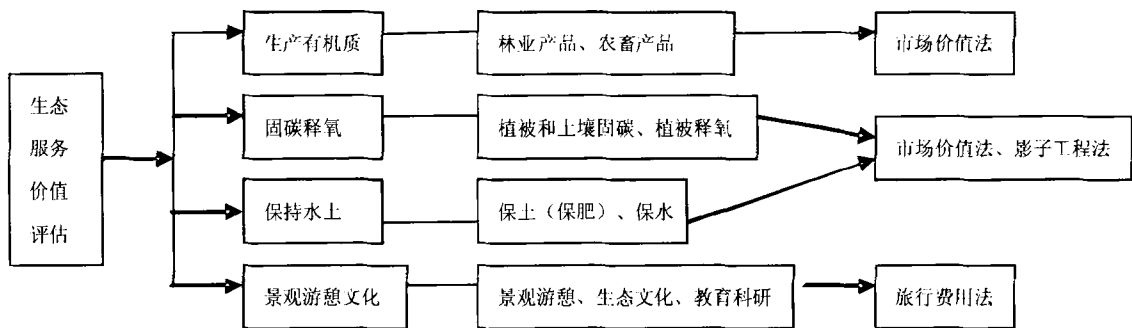


图 2 生态服务价值评估体系
Fig. 2 Evaluation system of eco-service value

2.3.2 计算公式

计算公式如下:

(I)生产有机质价值^[29]

I₁ 林业产品

I₁₋₁ 活立木价值

$$U_f(t) = \sum_{i=1}^n S_i(t) V_i(t) P_w(t) \quad (1)$$

式中:U_f为区域森林生态系统木材价值(元);S_i为第

i 类林分类型的面积(hm²);V_i为第 i 类林分单位面积的净生长量(m³/hm²);P_w为第 i 类林分的木材价值(元/m³);t 指年度。

I₁₋₂ 林副产品

$$U_v(t) = \sum_{l=1}^n Q_l(t) P_l(t) \quad (2)$$

式中:U_v为林副产品年生产价值;l 为林副产品种类;Q_l为 l 类林副产品年生产数量;P_l为 l 类林副产品的

价格; t 指年度。由于不同产品的价格和生产数量存在差别,所以该公式没有统一标注单位。

I₂ 农畜产品

$$U_a = 1/7 \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M} \quad (i=1, \dots, n) \quad (3)$$

式中: U_a 单位面积农田生态系统提供食物生产服务功能的经济价值(元/hm²); i 为作物种类; m_i 为 i 种粮食作物面积(hm²); p_i 为 i 种粮食作物全国平均价格(元/t); q_i 为 i 种粮食作物单产(t/hm²); M 为 n 种粮食作物总面积(hm²); $1/7$ 是指没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值,是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 $1/7$ 。

(II) 固碳释氧价值^[27]

II₁₋₁ 植被固碳价值

$$U_{\text{碳}} = 1.63AB_{\text{年}} \cdot R_{\text{碳}} \cdot C_{\text{碳}} \quad (4)$$

式中: $U_{\text{碳}}$ 为植被年固碳价值(元/a); A 为植被面积(hm²); $B_{\text{年}}$ 为石漠生态系统单位面积植被年净生产力[t/(hm²·a)]; $R_{\text{碳}}$ 为CO₂中碳的含量,为27.27%; $C_{\text{碳}}$ 为市场碳价格。

II₁₋₂ 土壤固碳价值

$$U_{\text{土壤碳}} = R_s \cdot A \cdot C_{\text{碳}} \quad (5)$$

式中: $U_{\text{土壤碳}}$ 为土壤年固碳价值(元/a); R_s 为土壤碳吸收潜力,即积累率[t/(hm²·a)]; $C_{\text{碳}}$ 为市场碳价格(元/t)。

II₂ 释氧价值

$$U_{\text{氧}} = 1.19 AB_{\text{年}} \cdot C_{\text{氧}} \quad (6)$$

式中: $U_{\text{氧}}$ 为植被年制氧价值(元/a); $B_{\text{年}}$ 为石漠生态系统植被年净生产力[t/(hm²·a)]; $C_{\text{氧}}$ 为制氧成本(元/t)。

(III) 水土保持价值

III₁ 固土价值

$$U_{\text{固土}} = AC_{\pm}(X_2 - X_1)/\rho \quad (7)$$

式中: $U_{\text{固土}}$ 为植被年固土价值(元/a); $C_{\pm}$ 为挖取和运输单位体积土方所需费用(元/m³); X_2 为无植被地土壤侵蚀模数[t/(hm²·a)]; X_1 为有植被地土壤侵蚀模数[t/(hm²·a)]; ρ 为有植被地土壤容重(t/m³)。

III₂ 保肥价值

$$U_{\text{肥}} = A(X_2 - X_1)(NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3) \quad (8)$$

式中: $U_{\text{肥}}$ 为植被年保肥价值(元/a); N 为林分土壤平均含氮量(%); C_1 为磷酸二铵化肥价格(元/t); R_1 为磷酸二铵含氮量(%); P 为林分土壤平均含磷量(%); R_2 为磷酸二铵化肥含磷量(%); K 为林分土壤平均含钾量(%); C_2 为氯化钾化肥价格(元/t); R_3 为氯化钾化肥含钾量(%)。

III₃ 减少泥沙淤积价值^[28]

$$U_{\text{淤}} = U_{\text{固土}} \cdot C_3 \cdot M \quad (9)$$

式中: $U_{\text{淤}}$ 为减少泥沙淤积功能价值[元/(hm²·a)]; $U_{\text{固土}}$ 为林分年固土价值[m³/(hm²·a)]; C_3 侵蚀流失泥沙系数(一般侵蚀流失泥沙有24%淤积); M 为库容成本(0.67元/m³)。

(IV) 景观游憩文化价值

VI₁ 景观游憩价值公式:

$$U_{\text{游}} = A_{\text{景区}} N_{\text{人}} E/R_{\text{游}} \quad (10)$$

式中: $U_{\text{游}}$ 为每年石漠生态系统石漠旅游的总价值(元/a); $A_{\text{景区}}$ 为石漠景区总面积(hm²); $N_{\text{人}}$ 为单位面积石漠景区合理环境容量范围内每年适宜的旅游人数[人次/(hm²·a)]; E 为游人平均每次游览支付的门票费用(元/人次); $R_{\text{游}}$ 为景区游览费用占旅游总收入的比例(%)。需要强调的是本公式不适用于免费游览或年度无人游览消费条件下的景观游憩文化价值计算。

VI₂ 生态文化价值:石漠生态系统包含民族文化和宗教文化,生态文化服务功能由于量化比较困难,通常结合谢高地和Costanza的研究成果估算各生态类型的这项生态服务功能。

VI₃ 教育科研价值:科研文化价值=每年的投入科研费用+教学实习价值+出版物价值+影视宣传价值。

3 计算结果

3.1 金沙县岩溶区不同生态系统的服务价值

2010年通过野外样方调查、土壤取样和相关数据搜集,分别计算出林地生态系统、耕地生态系统、草地生态系统和未利用地生态系统的服务价值,计算结果见表2。由表2可知该地区2010年林地生态系统的平均单位服务价值最高,其次依次为耕地生态系统,草地生态系统和未利用地生态系统;不同程度的石漠化土地服务价值的排序依次为,非石漠化土地、潜在石漠化土地、石漠化土地。需要说明的是,表2中的平均值为算术平均值,与实际情况可能有差距。在土地构成中,林地生态系统以非石漠化土地为主,其他程度的石漠化土地所占比例较小;耕地生态系统以非石漠化土地和潜在石漠化土地为主;而草地生态系统和未利用生态系统中主要是已经发生石漠化的土地。因此林地、耕地生态系统的实际值要高于表中的平均值,而草地和未利用地生态系统则要低于表中的平均值。所以在进行案例计算时,最好能根据各系统的土地构成进行加权平均。

表 2 不同生态系统单位服务价值量 [单位:元/(hm²·a)]

Table 2 The amount of service value in different ecosystem

生态系统	非石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	重度石漠化	极重度石漠化	平均值
林地生态系统	17 800	17 458	11 667	10 303	6 935	5 671	11 639
耕地生态系统	10 500	10 248	6 848	6 048	4 071	3 429	6 857
草地生态系统	10 300	9 746	6 767	5 976	4 022	3 388	6 700
未利用地生态系统	6 760	5 980	4 422	3 905	2 628	2 533	4 371
平均值	11 340	10 858	7 426	6 558	4 414	3 755	—

3.2 不同土地各项服务价值比例

由于岩溶地区土地特别是石漠化土地的特殊性,本文在研究中选取生产有机质、固碳释氧、保持水土和景观游憩文化 4 项主导功能作为评价指标。研究表明随着土地石漠化面积和程度的加大,生产有机质和固碳释氧的功能在逐渐降低,非石漠化土地和极重度石漠化土地的保持水土功能均较低,极重度石漠化土地的景观游憩文化价值最高(图 3)。造成以

上各项服务价值的贡献率在不同等级间的变动,主要原因是随着石漠化程度等级的加大,植被生产力降低、固碳释氧能力下降;非石漠化土地由于人为干扰强度大,所以其水土流失更为严重,而极重度石漠化土地基本没有保持水土的功能;当岩石裸露率增大到一定程度、裸露面积增加到一定范围,其景观游憩文化价值反而增加,例如广西的石林景观。

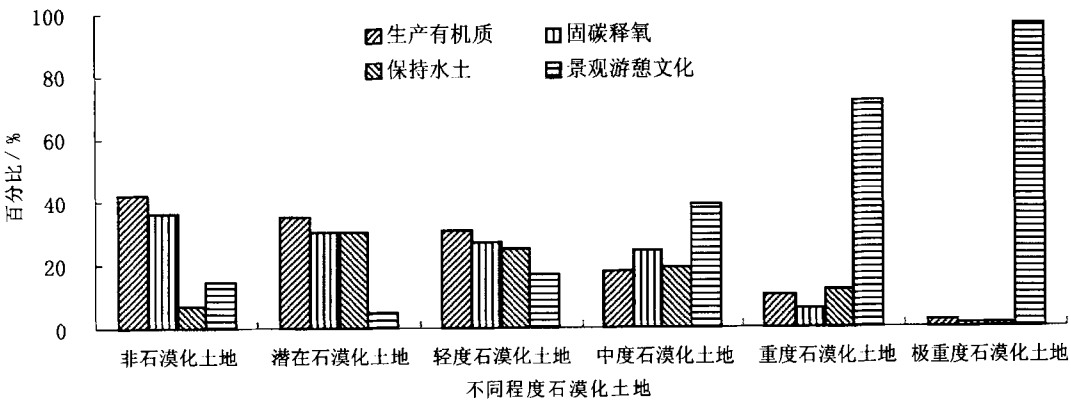


图 3 不同程度石漠化土地各生态服务功能价值所占百分比

Fig. 3 Percentage of eco-service value contributed by the 4 dominant functions in karst land at different desertification degree

3.3 金沙县石漠化综合治理工程效益评价

3.3.1 金沙县 2005 年、2010 年岩溶区土地生态服务价值

在西南岩溶区,一方面是国家大力实施的石漠化综合治理工程;另一方面是人类活动造成的土地石漠化现象依存。如本文在研究区概况中所述,2005 年到 2010 年金沙县土地的石漠化状况发生了较大变化。依据表 2 和对金沙县 2005 年、2010 年的监测数

据,本文计算出金沙县岩溶区林地生态系统、耕地生态系统、草地生态系统和未利用地生态系统的生态服务价值,结果见表 3,其中林地生态系统和耕地生态系统为主要的变化来源。区域 4 大生态系统 2010 年较 2005 年总生态服务价值减少了 3 607 万元,占金沙县 2010 年 GDP(86.87 亿元)的 0.42%,平均到金沙县岩溶区土地面积上,每平方公里减少了 1.62 万元的生态服务价值。

表 3 金沙县 2005 年、2010 年区域生态服务价值变化量(单位:万元)

Table 3 Variations in eco-service value in Jinsha County in 2005 and 2010

年代	林地生态系统	耕地生态系统	草地生态系统	未利用地生态系统	合计	变化
2010	195 554	94 930	7	152	290 643	-3 607
2005	197 958	96 108	6	178	294 250	

3.3.2 金沙县 4 大主导服务功能价值分析

研究结果显示 2005—2010 年,金沙县岩溶区林地生态系统、耕地生态系统、草地生态系统和未利用地生态系统总的生产有机质功能减少了 3 232 万元,固碳释氧功能减少了 2 325 万元,保持水土功能增加了 1 615 万元、景观游憩文化功能增加了 335 万元

(见表 4),表明金沙县土地石漠化呈加剧趋势。这个结果与监测结果较为一致,监测结果显示 2005—2010 年,金沙县石漠化土地明显改善型面积比例为 3.03 %,轻微改善型面积比例为 0.87 %,稳定型面积比例 83.81 %,退化加剧型 1.76 %,退化严重加剧型 10.54 %。

表 4 金沙县 2005—2010 年不同服务功能的服务价值变化情况 (单位:万元)
Table 4 Variations in eco-service value of the 4 dominant functions in Jinsha County during 2005—2010

土地类型	年代	面积/km ²	有机质生产	固碳释氧	保持水土	景观游憩文化	总服务价值
非石漠化土地	2005	1 482.67	87 141	74 692	14 523	31 122	207 478
	2010	1 379.38	81 071	69 489	13 512	28 954	193 024
潜在石漠化土地	2005	347.65	21 240	18 206	18 206	3 034	60 687
	2010	377.15	23 043	19 751	19 751	3 292	65 838
轻度石漠化土地	2005	116.91	3 816	3 323	3 077	2 093	12 309
	2010	118.88	3 880	3 379	3 129	2 128	12 516
中度石漠化土地	2005	218.14	2 442	3 256	2 577	5 290	13 565
	2010	302.76	3 389	4 519	3 577	7 343	18 828
重度石漠化土地	2005	3.64	18	11	22	130	180
	2010	8.57	43	26	51	306	425
极重度石漠化土地	2005	1.08	1	0	0	30	31
	2010	0.43	0	0	0	12	12
总和	2005	2 187.16	114 657	99 488	38 406	41 698	294 250
	2010	2 170.08	111 425	97 164	40 021	42 034	290 643

注:表中非石漠化土地面积不包含水域的面积;2005 年监测数据误差相对较大,导致 2005 年与 2010 年岩溶区总面积数值上的差异。

3.4 金沙县石漠化历史成因及综合治理工程成效分析

据史料记载金沙县境内自古为森林所覆盖,古木参天,民国时期曾实行人工造林。解放后,人民政府尤为重视生态建设和保护,组织动员群众植树造林,森林覆盖率为 40 % 以上,同时耕地面积约为 433.34 km²。在解放初期由于伐木以及 1958 年的大炼钢铁和后来的毁林开荒使得森林覆盖率由原来的 40 %急剧下降到 7.75 %。1978 年后实行退耕还林。1983 年实行的以稳定林权和护林为主的林业“三定”工作,有效控制了乱砍滥伐现象,同时,进行大面积造林,1987 年全县森林覆盖率为 8.5 %,耕地面积为 1 079.71 km²,牧草地面积 362.05 km²。1992 年森林覆盖率为 23.78 %,到 2010 年全县森林覆盖率达到 40.27 %,耕地面积 858.12 km²,牧草地面积 92.13 km²。林业的快速发展使全县生态环境不断恶化的势头得到了有效的遏制。2005—2010 年的 5 年间,完成人工造林 103.94 km²、封山育林 60.82 km²,先后实施了退耕还林工程、天然林资源保护工程、石漠化综合治理试点工程等一批国家重点林业工程项目。

从上述数据可以看出 1947 年前后全县森林覆盖率在 40 % 以上,耕地面积最小;从 1958 年到 2010 年,全县森林覆盖率逐渐恢复到 1947 年的水平,而耕地面积呈现增加的趋势;2010 年耕地面积约为 1947 年耕地面积的 2 倍,且坡度大于 15°的耕地占总耕地面积的 46.19 %,2010 年牧草地面积仅为 1987 年牧草地面积的 1/4。

从生态系统服务功能的角度进行分析,1947 年的林地和耕地基本为非石漠化土地,而 2010 年的森林面积的 42.20 %为石漠化土地和潜在石漠化土地,服务功能约为前者的 1/2;陡坡耕地是石漠化土地的最主要来源,其生态服务功能平均仅为非坡耕地的 1/2;牧草地的大面积减少,一部分开垦为低产的耕地,一部分退化为难利用地即较高等级的石漠化土地。因此,金沙县岩溶区土地生态服务功能恢复到解放前的状态还需要较长的时间。

4 结 论

(1)金沙县 2005—2010 年,石漠化土地面积增加了 90.87 km²、潜在石漠化土地面积增加了 29.50 km²、非

石漠化土地面积减少了 103.29 km²,虽然近年来金沙县实施了石漠化综合治理、水土保持等生态治理工程,但由于工程建设的绩效还未充分发挥出来,工程建设量还较少,所以还没有从根本上遏制住石漠化的发展。

(2)由于非石漠化土地、潜在石漠化土地和石漠化土地之间的转化,相对于 2005 年,金沙县 2010 年岩溶区生态系统总服务价值每平方公里减少了 1.62 万元,共减少了 3 607 万元,占金沙县 2010 年 GDP (86.87 亿元)的 0.42 %。金沙县岩溶区生态系统服务价值量的变化主要是土地的石漠化造成的。在总的生态服务价值变化构成中生产有机质服务功能减少了 3 232 万元,固碳释氧功能减少了 2 325 万元,而保持水土功能增加了 1 615 万元,景观游憩文化功能增加了 335 万元。

(3)岩溶地区石漠化面积的不断扩大和石漠化程度的加剧,不仅成为生态环境改善的瓶颈,而且已影响到农业生产的发展和农村居民的安居乐业,加快岩溶地区石漠化的治理已是刻不容缓的大事。

(4)本研究通过 4 项比较常见且影响较大的指标对金沙县林地生态系统、耕地生态系统、草地生态系统和未利用地生态系统进行了评估。由于受科学技术水平、计量方法和监测手段的限制,尚无法对石漠化每项效益都一一计量,评价结果难免存在误差,但它仍在一定程度上定量地反映出岩溶地区生态服务价值的变化,对石漠化综合治理工程的效益评估具有一定的理论和实践参考价值。

致谢:感谢中国林科院方健梅在野外调查中的工作和金沙县林业局王平主任提供的相关资料。

参考文献

- [1] 袁道先. 中国岩溶学[M]. 地质出版社, 北京: 1993, 1—3.
- [2] 国家林业局. 中国石漠化状况公报[R]. 2012, 6—9.
- [3] Costanza R, d' Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's eco-system services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253—260.
- [4] Daily G C, Soderquist T, Aniyar S, et al. The value of nature and the nature of value[J]. Science, 2000, 289: 395—396.
- [5] 董全. 生态公益: 自然生态过程对人类的贡献[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 233—240.
- [6] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607—613.
- [7] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17—22.
- [8] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189—196.

- [9] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. 地球科学进展, 2009, 24: 571—576.
- [10] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27: 346—356.
- [11] 石焱, 王如松, 黄锦楼, 等. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析[J]. 科学通报, 2012, 57(9): 720—731.
- [12] 李苇洁, 李安定, 陈训. 贵州茂兰喀斯特森林生态系统服务功能价值评估[J]. 贵州科学, 2010, 28(4): 72—77.
- [13] 李苇洁, 汪廷梅, 王桂萍, 等. 花江喀斯特峡谷区顶坛花椒林生态系统服务功能价值评估[J]. 中国岩溶, 2010, 29(2): 152—154.
- [14] Ma Hua, Au Yulun. Assessments on ecological sensitivity and ecosystem service value in karst area based on GIS—Taking Bijie prefecture in Guizhou for example[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(6): 86—90.
- [15] 熊鹰, 谢更新, 曾光明, 等. 喀斯特区土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以广西环江县为例[J]. 中国环境科学, 2008, 28(3): 210—214.
- [16] 黄秋燕, 曾令锋. 红水河梯级电站喀斯特库区土地利用及其生态系统服务价值研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(2): 66—70, 76.
- [17] 张亮, 胡宝清. 基于土地利用变化的喀斯特地区生态服务价值损益估算——以广西都安瑶族自治县为例[J]. 中国岩溶, 2008, 27(4): 335—339.
- [18] 罗俊, 王克林, 陈洪松. 喀斯特地区土地利用变化的生态服务功能价值响应[J]. 水土保持通报, 2008, 28(1): 19—24.
- [19] 周传艳, 陈训, 刘晓玲, 等. 基于土地利用的喀斯特地区生态系统服务功能价值评估——以贵州省为例[J]. 应用与环境生物学报, 2010, 17(2): 174—179.
- [20] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 等. 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征[J]. 生态学报, 2010, 31(14): 3947—3955.
- [21] 凡非得, 罗俊, 王克林, 等. 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性评价与空间分析[J]. 生态学杂志, 2010, 30(4): 804—809.
- [22] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式[J]. 植物生态学报, 2006, 30(2): 191—199.
- [23] 张明阳, 王克林, 陈洪松, 等. 喀斯特生态系统服务功能遥感定量评估与分析[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 5891—5901.
- [24] 王兵, 魏江生, 胡文. 贵州省黔东南州森林生态系统服务功能评估[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2009, 26(5): 42—47, 52.
- [25] 刘长成, 魏雅芬, 刘玉国. 贵州普定喀斯特次生林乔灌层地上生物量[J]. 植物生态学报, 2009, 33(4): 698—705.
- [26] 夏焕柏. 茂兰喀斯特植被不同演替阶段的生物量和净初级生产力估算[J]. 贵州林业科技, 2010, 38(2): 2—8.
- [27] 《中华人民共和国林业行业标准 LY/T1721—2008 森林生态系统功能评估规范》. 国家林业局发布, 2008—04—28.
- [28] 王月容, 卢琦, 周金星, 等. 贵州省岩溶石漠化地区生态服务价值损失评估[J]. 中国岩溶, 2013, 32(1): 73—79.
- [29] 黄湘, 李卫红. 荒漠生态系统服务功能及其价值研究[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(7): 42—51.

(下转第 224 页)

The impact of tourist activity on species diversity in different vegetable layers in the Dragon Palace scenic spot

LI Long, YIN Hong-mei

(School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: The scenic spot is divided into active zone(AZ), buffer zone(BZ) and contrast zone(CZ) according to the tourist active level in this paper. The impacts of tourism activities on species diversity in different vegetable layers in Dragon Palace scenic spot are analyzed in light of 6 indexes of species diversity. Along with the increasing of tourist number and the strengthening of infrastructure construction in the scenic area, plant species get less and less, diversity decrease and structure become simpler. And it mainly present that: 1) in the arborous layer, species richness is the maximum in BZ and the minimum in AZ, while the species evenness is the maximum in AZ and the minimum in BZ, and species diversity is maximum in CZ and minimum in AZ, the degree of ecological dominance is the maximum in CZ and the minimum in AZ; 2) in the shrub layer, species richness is the maximum in BZ and the minimum in AZ, while the species evenness is the maximum in CZ and the minimum in BZ, and species diversity is maximum in CZ and minimum in AZ, the degree of ecological dominance is the maximum in CZ and minimum in AZ; 3) in the grass layer, species richness is the maximum in BZ and the minimum in CZ, while the species evenness is the maximum in BZ and the minimum in CZ, and species diversity is maximum in BZ and minimum in CZ, the degree of ecological dominance is the maximum in BZ and the minimum in CZ.

Key words: tourist activity; different vegetation layers; species diversity

(编辑 韦复才)

(上接第 217 页)

Assessment on the eco-service value in karst rocky desert: A case study in Jinsha County

GUO Hong-yan¹, WANG Yue-rong^{1,2}, LU qi¹, ZHOU Jin-xing¹, WEI Qing-zhang³

(1. Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing 100102, China;

3. Rocky Desertification Control Administration Center of Bijie City in Guizhou Province, Bijie, Guizhou 551700, China)

Abstract: In order to set up a method which is suitable for assessing the eco-service value in karst region, and then provide data for assessing the benefit of karst rocky desertification comprehensive management project in the future, the eco-service value evaluation system is put forth in Jinsha County on the basis of former studies at home and abroad. Furthermore, 4 dominant functions including organic matter production(SOM), CO₂ fixing and O₂ release(CFR) and soil and water conservation(SWC) as well as landscape and recreation(LR) are selected for estimating the eco-service value in forest land ecosystem, farmland ecosystem and grassland ecosystem as well as unutilized land ecosystem in Jinsha County. The results show that, from 2005 to 2010, the eco-service value of the four ecosystems in Jinsha County decreased by 16.2 thousand yuan/km², the total eco-service value decreased 36.07 million yuan, which is 0.42 % of the GDP of the Jinsha County in 2010, and among them, the function of SOM decreased 32.32 million yuan, the function of CFR decreased 23.25 million yuan, the function of SWC increased 16.15 million yuan, and the function of LR increased 3.35 million yuan.

Key words: karst rocky desertification; ecosystem; eco-service value; Jinsha County

(编辑 韦复才)