

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*

凡非得^{1,2,3} 罗俊^{1,2,3} 王克林^{1,2*} 陈洪松^{1,2} 张伟^{1,2,3}

(¹中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125; ²中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站, 广西环江 547100 ³中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要 生态系统服务功能重要性评价对于明确区域生态系统服务功能空间分布规律, 进行生态功能区划有重要意义。本文根据桂西北喀斯特地区的主要生态系统服务功能, 选取生物多样性保护、土壤保持、水源涵养、石漠化控制和产品提供 5 项服务功能, 采用层次分析法和多因子综合评价法建立指标体系, 在 GIS 技术支持下, 分析了 5 项生态系统服务功能的重要性及其空间分布特征, 并进行了综合评价。结果表明: 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性程度较高, 其中极重要、中等重要地区面积占研究区总面积分别为 25. 2% 和 33. 4%; 喀斯特地区生态系统土壤保持功能和石漠化控制功能对喀斯特区域生态环境具有重要控制作用, 其分布区域是桂西北喀斯特地区生态环境治理和生态恢复的重点区域; 明确了桂西北喀斯特地区生态系统生物多样性保护功能、水源涵养功能及产品提供功能的重要性等级及空间分布特征, 为喀斯特地区生态系统的科学管理和生态功能区划提供重要依据。

关键词 喀斯特; 生态系统服务功能; 桂西北; 空间分布

中图分类号 X826 文献标识码 A 文章编号 1000- 4890(2011) 4- 0804- 06

Assessment and spatial analysis of ecosystem service importance in karst area of Northwest Guangxi FAN Fei-de^{1,2,3}, LUO Jun^{1,2,3}, WANG Ke-lin^{1,2}, CHEN Hong-song^{1,2}, ZHANG Wei^{1,2,3} (¹Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; ²Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang 547100 Guangxi, China; ³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(4): 804- 809

Abstract The assessment of ecosystem service importance is of significance for understanding the spatial distribution pattern of regional ecosystem services and carrying out ecosystem service regionalization. Based on the primary ecosystem services in Hechi of Northwest Guangxi, five basic ecosystem services (biodiversity protection, soil conservation, water resources conservation, rocky desertification control, and products supply) were selected, and an indices system was established by using analytic hierarchy process and multi-factor comprehensive evaluation. With the support of GIS technology, the importance and spatial distribution pattern of the five main ecosystem services were comprehensively assessed. In the study area, the importance of ecosystem services was at a higher level. About 25. 2% and 33. 4% of the total area had high and medium levels of ecosystem service importance, respectively. In the area, soil conservation and rock desertification control acted as the crucial functions in environmental protection, and the regions with these services were the key regions for ecological protection and restoration. The importance degree and spatial distribution pattern of biodiversity protection, water resources conservation, and products supply were also confirmed. This study could provide reasonable references for ecosystem management and ecological function regionalization in karst areas.

Key words karst; ecosystem services; Northwest Guangxi; spatial distribution

* 中国科学院西部行动计划项目 (KZCX2-XB2-08)、国家支撑计划项目 (2009BAD C6B008) 和国家自然科学基金项目 (41071340) 资助。

** 通讯作者 E-mail: kelin@ isa. ac. cn

收稿日期: 2010-09-29 接受日期: 2011-01-13

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存和发展的自然环境条件与效用 (Daily 1997)。它不仅包括生态系统直接向人类提供的食物、淡水、药物及工农业生产原材料,更重要的是支撑与维持了地球的生命支持系统 (傅伯杰等, 2009)。对生态系统服务功能及其价值评估研究逐渐成为生态学、生态经济学研究的热点,美国和英国生态学会都将生态系统服务研究列为生态学研究的重要课题 (Costanza *et al.*, 1997; Palmer *et al.*, 2004; Sutherland *et al.*, 2006)。我国从 20 世纪 80 年代初开始了不同生态系统服务功能的研究。目前,我国的生态系统服务功能研究已由类型识别、经济价值评估向机理分析方向发展,并十分注重时空尺度特征对生态系统服务功能的影响 (尹飞等, 2006; 傅伯杰等, 2009; 欧阳志云和郑华, 2009)。生态系统服务功能重要性评价主要是对区域生态系统典型服务功能的能力和进行价值进行评估,明确区域各类生态系统的服务功能及其对区域可持续发展的作用与重要性,并依据其重要性分级,明确其空间分布 (贾良清等, 2005)。而对于我国典型生态脆弱地区,因受人类活动强烈干扰,生态系统结构与功能受到破坏,出现濒危物种增多、水土流失加剧、沙漠化、石漠化等一系列生态环境问题,这些问题的实质就是生态系统服务功能的下降与丧失。生态系统服务功能研究更应该关注这些地区,评价生态脆弱地区生态系统服务功能的重要性,明确其主导生态系统服务功能,确定生态脆弱地区优先保护的区域,指导生态系统的科学管理。

桂西北喀斯特地区是受喀斯特地质背景制约的脆弱生态系统,由于碳酸盐岩较强的可溶蚀性和人类不合理的采伐、采矿和垦殖,使桂西北生态环境受到极大破坏,生态系统服务功能和生态承载力急剧下降,水土流失和石漠化日趋严重,急需开展其生态系统服务功能评价研究,指导喀斯特地区的生态恢复与重建。本研究通过对桂西北河池市生态环境特征及生态系统服务功能的分析,选取生物多样性保护、土壤保持、水源涵养、石漠化控制和产品提供等 5 种生态系统服务功能进行重要性评价,并分析其重要性分异规律,最后进行综合评价,为桂西北喀斯特区域的生态恢复治理和区域发展规划等提供参考,并为河池市生态功能区划打下基础。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

广西河池市 (23°41'N—25°37'N, 106°34'E—109°09'E) 东连柳州,南界南宁,西接百色,北邻贵州省黔南布依族苗族自治州,辖金城江、宜州、环江等 11 个县(市、区),160 多个乡镇(图 1)。该地区属云贵高原山前区,喀斯特地貌广泛发育,石山面积占本地区总面积的 49.7%,裸露石山达 6140 km²,属于亚热带季风气候区,夏长冬短,雨量充沛,雨热同季,夏季多暴雨,年平均气温 16.9℃~21.3℃,年均降雨量 1200~1600 mm。河池市海拔 100~1670 m,地形落差大,河流众多,全市有大小河流 635 条。目前,河池市总人口为 381.2 万人,其中农业人口占总人口的 85.3%,石山区人口密度高于土山丘陵区,在人类活动作用下,石漠化不断蔓延,水土流失面积已达到了 6760.53 km²,其中剧烈水土流失面积占水土流失总面积的 82.2%。

1.2 评价方法

本研究主要采用层次分析法和多因子综合评价法,以乡镇行政区为基本评价单元,对河池市生态服务功能重要性进行定量评价。第一层次为生态系统服务功能重要性综合评价,第二层次为各项生态系统服务功能重要性评价。即先根据河池市生态环境特征,并参考《生态功能区划暂行规程》(国务院西部开发办领导小组办公室,国家环境保护总局,2002)和相关研究资料(罗怀良等,2006;王治江等,2007),确定河池市的主要生态系统服务功能,分析生态系统服务功能的影响因子,建立重要性评价指标体系(表 1)。在 GIS 技术支持下,对每一项生态系统服务功能评价指标按重要性划分不同级别,形

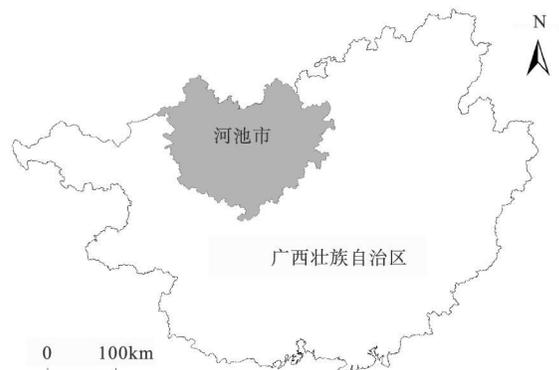


图 1 河池地理位置示意图

Fig 1 Location of Hechi area

表 1 河池市生态系统服务功能重要性评价指标体系

Table 1 Indicator system for assessment of ecosystem service importance in Hechi region

第一目标层	第二目标层	影响因子	指标
生态系统服务功能	生物多样性保护功能	保护物种级别	自然保护区及保护物种级别
重要性综合评价	重要性评价	物种丰富程度	植被覆盖度
			土地利用状况
		土壤侵蚀敏感性	土壤侵蚀敏感性
	土壤保持功能重要性评价	水土流失状况	土壤侵蚀量
			土壤养分 (N、P、K、有机质) 含量
	水源涵养功能重要性评价	蓄水状况	降雨量
			蒸发量
		河流、水库的给水状况	河流水系 (河网分布)
			洼地分布
	石漠化控制功能重要性评价	石漠化状况	石漠化敏感性
		影响的人数	人口密度
	产品提供功能重要性评价	产品提供的数量	土地利用现状
			主要农林产品产量

成各指标重要性等级专题图, 然后进行生态系统各项服务功能重要性评价和综合评价。生态系统服务功能重要性评价等级分为 4 级: 极重要、中等重要、比较重要和一般重要。

生态系统服务功能重要性评价需考虑多种因素及多项服务功能综合作用的结果, 因此, 对河池市生态系统服务功能重要性评价时, 运用多因子综合评价能更好的反映生态系统服务功能的空间分布特征。本研究利用各指标的专题图层, 在 ArcGIS 空间分析功能支持下, 采用多因子加权求和模型对河池市生态系统各项服务功能重要性进行分析和生态系统服务功能重要性综合评价:

$$P = \sum_{i=1}^n A_i W_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中: P 为生态服务功能评价; A_i 为各指标评价 (对各指标进行归一化处理后的评价); W_i 为各指标的权重, 采用专家调查方法得到, 在指标和重要性评价分级时, 采用 ArcGIS 空间分析功能中的自然分类法 (natural break), 这种方法是利用统计学的 Jenk 最优化法得出的分界点, 能够使各级的内部方差之和最小 (王万忠和焦菊英, 1996)。

1.3 数据来源

河池市生态服务功能重要性评价所用数据包括河池市 2000 年 TM 遥感影像数据、遥感实地综合验证调查资料、河池市 2000 年土地利用现状图 (1: 10 万)、河池市 1: 25 万 DEM、河池市多年平均降雨量和蒸发量分布图、河流水系分布图、河池市地质岩性图、土壤及养分含量分布图 (0~15 cm)、河池市土

壤侵蚀分布图、河池市自然保护区分布图、河池市人口和社会经济数据等。遥感数据主要用于土地利用现状解译和植被覆盖度等生态参数的反演和数据提取。另外, 还包括由岩性分布图、土地利用图、植被覆盖分布图、降雨量分布图、地形图等图形经叠加分析得到的土壤侵蚀敏感性分布图 (陈晓平, 1997; 王效科等, 2001; 唐克丽, 2004) 和石漠化敏感性分布图 (肖荣波等, 2005)。

2 结果与分析

2.1 生物多样性保护重要性评价

生物多样性保护重要性评价主要是评价区域内各地区对生物多样性保护的重要性, 重点评价生态系统与物种的保护重要性。选择研究区优先保护生态系统, 确定生物多样性保护重要地区, 评价标准按照表 2 进行。

河池市生物多样性保护功能重要性分 4 个等级 (图 2a), 分布特征与联合国科教文组织提出的生物圈保护区内划分“核心区缓冲区-实验区” (UNESCO, 1984; 肖向明, 1990) 的布局特征相似, 中

表 2 生物多样性保护重要地区评价分级

Table 2 Gradation of biodiversity protection importance

土地利用类型、植被覆盖度或物种丰富度	重要性
自然保护区保护物种	极重要
林地、灌木林等, 植被茂密, 物种丰富	中等重要
疏林地、人工林地、草地等, 植被覆盖较高 (45% ~ 75%), 物种相对丰富	比较重要
裸土地、裸岩石砾地、建设用地及旱地等, 生态环境较差, 物种较少	一般重要

等重要、比较重要和一般重要地区顺次围绕极重要地区分布。极重要地区占全市面积比例的 14.5%, 主要分布于西北、北部和东北部自然保护区及周边区域, 这些地区人口密度小、以森林为主的自然植被和原始植被保存较好, 动植物物种丰富, 河池市现有的国家和省级保护动物多集中于这些地区。中等重要地区面积比例为 30.7%, 主要分布于河池市中南部、东北部九万山周围和南丹、天峨部分地区, 这些地区植被以林地和灌木林地为主, 为本地物种的繁衍和生存提供了适宜的外部环境。比较重要地区面积比例为 35.8%, 大致分布于中等重要区外围, 植被以人工林、草地和农田为主。一般重要地区呈条带状贯穿河池市西北部和东南部, 与刁江流域分布趋于一致, 这一地区是工农矿业生产和经济活动较多地区, 植被受到一定程度的破坏; 但由于河池市城镇化水平偏低, 农业人口密度相对较小, 除局部植被破坏严重出现石漠化外, 这一地区基本上也能满足本地物种和人工培育物种的生存和繁殖。

2.2 土壤保持重要性评价

河池市土壤保持功能重要性评价以河池市土壤侵蚀敏感性分布图、土壤主要养分(氮、磷、钾和有机质)含量分布图(0~15 cm)和土壤侵蚀量分布图指标图层, 进行图层叠加和综合评价分级得到。

河池市土壤保持功能重要性分为 4 个等级(图 2b)。土壤保持极重要地区面积占全市总面积的 36.0%, 主要分布于河池市南部; 此外, 西南部、中部和东北部也有分布。这些地区属于喀斯特生态环境较差的地区, 尤其在河池市中部和中南部刁江流域, 由于采矿和垦殖等高强度人类活动对地表植被的破坏, 导致该地区水土流失十分严重。而南部喀斯特峰丛洼地地区, 年降雨量较多, 夏季暴雨频繁, 溶蚀和水力侵蚀都较为严重。中等重要地区面积比例为 23.4%, 零散分布于河池市中南部、西部和东部喀斯特地区, 土壤侵蚀的敏感性较高。比较重要地区面积比例占 38.0%, 主要分布于西北、东北和中部的部分地区。一般重要性分布区面积比例不大, 主要分布于宜州中部孤峰平原区和大、小环江下游地区。

2.3 水源涵养重要性评价

根据河池市降雨量和蒸发量分布图, 结合地形和河流水系分布状况对河池市水源涵养重要性进行分级。评价中, 根据河池市地形特点将河流两岸 3 km 范围、洼地 2 km 范围作为水源涵养地区比较重要以上地区, 再根据蓄水量(降雨量和蒸发量之差)

来分级评价其重要性级别。蓄水量越多的区域, 水源涵养功能越重要, 水源涵养地区外的其他区域为一般重要地区。

河池市生态系统水源涵养功能重要地区分为 4 个等级(图 2c)。极重要地区面积比例为 18.4%, 分布于河池中西部和东部, 区域特点是: 植被覆盖度大、河网密度高, 蓄水总量较大; 而且处于河池市地势较高的一端, 是多数河流的发源地或上中游地区, 对全市水源涵养和水源供给起着至关重要的作用。中等重要地区面积占 44.6%, 大致环绕极重要地区周边分布; 河池西北部虽然降水量相对较少, 但植被茂密, 截留了大量降水, 且地势较高, 储水和供水功能比较显著; 西南部地势平缓, 水库、洼地分布密集, 具有重要的调节洪水功能。比较重要地区面积比例占 18.8%, 主要分布于河流较多的东北部和东部地势平缓的孤峰平原区。其余 18.2% 为一般重要地区, 主要分布于河池南部、中部和中北部。河池市南部是全市年降水量最多的地区, 但由于降水过于集中, 流失量大, 且受喀斯特的强烈溶蚀、漏蚀作用影响, 蓄水功能薄弱; 另外, 受人类活动影响, 河池市南部植被覆盖度偏低, 雨水蒸发量较大, 因此, 水源涵养功能不如其他地区重要。河池北部和中部降水量相对较少, 河网密度低, 蓄水功能不明显。

2.4 石漠化控制重要性评价

利用河池市人口密度分布图和石漠化敏感性分布图来评价生态系统石漠化控制功能的重要性, 人口密度越大, 石漠化敏感程度越高, 石漠化控制功能就越重要。

河池市石漠化控制服务功能重要地区分为 4 个等级(图 2d)。极重要地区所占面积比例为 11.2%, 主要分布于河池南部都阳山南麓喀斯特峰丛洼地和澄江流域, 受工农业活动的强烈干扰, 属于喀斯特生态极其脆弱的地区, 石漠化严重, 已经威胁到当地人民的正常生产生活, 因此, 生态系统石漠化控制功能的意义尤为重要。中等重要地区所占面积比例为 33.2%, 主要分布于河池南部喀斯特峰丛洼地区、东南部喀斯特峰丛谷地和丘陵区、中北部植被覆盖较低的喀斯特山原区、西南部都阳山地区, 这些地区由于植被受到破坏, 石漠化趋势明显。东部是农业生产活动集中的地区, 不当的垦殖和过多的农业活动, 也加快了石漠化的进程。比较重要地区占面积比例为 32.9%, 主要分布于河池市东北部、西南部和中西部部分地区。其余为一般重要地区。

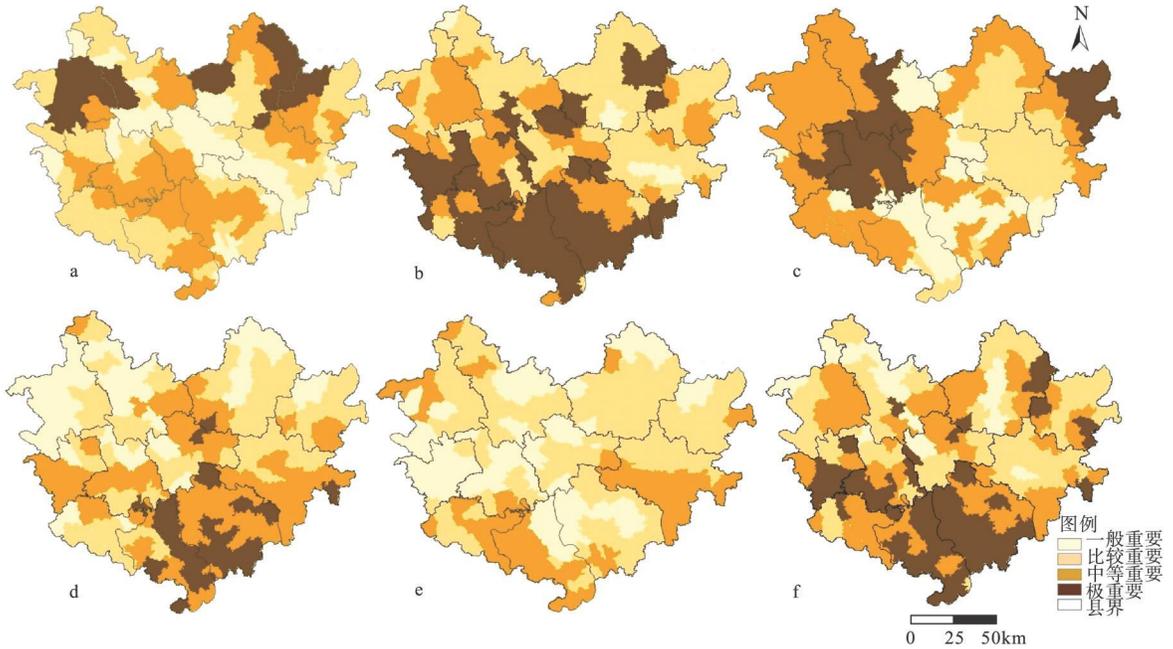


图 2 河池市生态服务功能重要性分布示意图

Fig 2 Distribution of ecosystem service importance in Hechi

a 生物多样性保护功能重要性, b 土壤保持功能重要性, c 水源涵养功能重要性, d 石漠化控制功能重要性, e 产品提供功能重要性, f 生态服务功能综合重要性。

多分布于植被茂密, 人口密度小、生态环境良好的西北部 and 东北部九万山、环江流域等部分地区。

2.5 产品提供功能重要性

河池市生态系统产品提供功能重要性以河池市土地利用现状和主要农林产品(木材、粮食、主要经济作物)产量、面积作为评价指标, 进行综合评价。

河池市生态系统产品提供功能重要性分为中等重要、比较重要和一般重要 3 个等级(图 2e)。中等重要地区面积占全市的 22.3%, 主要分布于河池东南部、西南部, 西北和东北部也有小面积分布。其中, 东南部喀斯特河谷丘陵和孤峰平原区土地利用以农业生产为主, 是全市最大的粮食以及甘蔗、油料等经济作物的供应地。西南部低山丘陵区林农产品供应量大。西北部主要提供林牧产品和粮食。比较重要地区占河池市面积比例为 48.6%, 广泛分布于河池东部、西北部和西南部, 主要提供粮、油、蔬菜、水果和林牧产品。一般重要面积比例为 29.1%, 分布于河池中西部、北部和东北部部分地区, 河池中西部偏南的都阳山峰丛洼地区和北部喀斯特山原区, 以畜牧和旱作农业为主, 生产条件相对较差, 产品提供的功能较弱。

2.6 生态系统服务功能重要性综合评价

通过对各项生态系统服务功能确定权重和空间

叠加分析, 得到生态系统服务功能综合评价值为 1.534~3.532 在 ArcGIS 中利用自然分类法将综合评价价值分为 4 类, 由此得到河池市生态服务功能重要性分级表(表 3)。

由表 3 和图 2f 可以看出, 从总体分布格局来看, 中等重要和极重要面积占河池市总面积的 58.5%, 说明河池市生态系统服务功能重要性程度较高。极重要地区所占面积比例为 25.2%, 主要分布于河池市南部和西南部喀斯特地区, 中部和东部也有少量分布, 主要是生态系统土壤保持和石漠化控制功能重点分布区。中等重要地区面积最大, 占总面积的 33.38%, 分布于河池市南部刁江中下游流域、岩滩水库周围和西南部都阳山部分地区, 是石漠化控制、土壤保持和水源涵养功能重要分布区; 西北、北部和东北部也有分布, 是生物水源涵养、生物

表 3 河池市生态系统服务功能重要性综合评价分级
Table 3 Integrated gradation of ecosystem service importance in Hechi region

重要性等级	评价值	面积 (km ²)	面积所占比例 (%)
一般重要	1.534~1.862	3136.35	9.4
比较重要	1.862~2.393	10579.42	32.1
中等重要	2.393~2.931	11184.97	33.4
极重要	2.931~3.532	8430.61	25.2

多样性保护和土壤保持功能重要分布区。比较重要面积比例为 32.1%, 主要分布于西北部、东北部和中东部地区, 其生态系统服务功能主要为产品提供和土壤保持功能。其他 9.2% 的面积为一般重要地区, 分布于西北部、东北部和东部少量地区, 主要为产品提供和水源涵养功能。

3 结 语

本研究选取了 5 项生态系统服务功能, 采用层次分析法和多因子综合评价法对桂西北喀斯特地区的生态系统服务功能重要性进行了定量评价和空间分布分析。从评价结果来看, 土壤保持功能和石漠化控制功能对喀斯特地区的生态环境状况起着重要的控制作用, 主要是由于这 2 项服务功能主要受岩性、地形等喀斯特地质背景的影响和制约, 其所在区域是喀斯特地貌广泛分布的区域, 加上人类活动的强烈干扰, 水土流失和石漠化等生态问题比较严重。因此, 土壤保持功能和石漠化控制功能重点分布区域, 即河池市南部, 是桂西北喀斯特地区生态环境治理和生态恢复的重点区域, 也是石漠化治理试点县都安和大化县所在区域。

河池市西北、北部和东北部是主要自然保护区分布区, 自然植被和原始植被保存较好, 物种丰富, 是生物多样性保护功能重要分布区域, 对喀斯特地区生物多样性保护和改善地区整体生态环境具有重要的支撑作用。河池市中西部和东部植被覆盖度高、河网密度高, 是重要的水源涵养功能区, 持水功能强大, 对河流中下游地区的供水和调蓄起到了控制作用。

河池市东南和西南部喀斯特地区一般以农业生产活动为主, 这就决定了喀斯特地区生态系统提供农林牧产品功能的重要性。生态系统产品提供的功能, 一方面保证了人类生产生活所需, 另一方面也为喀斯特地区生态系统的平稳有序动态维持提供了保障。

致谢 本研究中得到了中国科学院资源环境科学数据中心、地球系统科学数据共享平台及岩溶地质所曹建华研究员提供的数据支持, 特表谢忱!

参考文献

陈晓平. 1997. 喀斯特山区环境土壤侵蚀特性的分析研究.

土壤侵蚀与水土保持学报, 3(4): 31-36

傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 等. 2009 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全. 地球科学进展, 24(6): 571-576

国务院西部开发办领导小组办公室, 国家环境保护总局. 2002 生态功能区划暂行规程.

贾良清, 欧阳志云, 赵同谦, 等. 2005 安徽生态功能区划研究. 生态学报, 25(2): 254-260

罗怀良, 朱波, 刘德绍, 等. 2006 重庆市生态功能区的划分. 生态学报, 26(9): 3144-3151

欧阳志云, 郑华. 2009 生态系统服务的生态学机制研究进展. 生态学报, 29(11): 6183-6188

唐克丽. 2004 中国水土保持. 北京: 科学出版社.

王万忠, 焦菊英. 1996 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究. 水土保持通报, 16(5): 1-20

王效科, 欧阳志云, 肖寒, 等. 2001 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究. 生态学报, 21(1): 14-19

王治江, 李培军, 王延松, 等. 2007 辽宁省生态系统服务重要性评价. 生态学杂志, 26(10): 1606-1610

肖荣波, 欧阳志云, 王效科, 等. 2005 中国西南地区石漠化敏感性评价及其空间分析. 生态学杂志, 24(5): 551-554

肖向明. 1990 生物圈保护区的概念及其若干问题——以锡林格勒草原自然保护区为例. 植物生态学与地植物学学报, 14(1): 87-92

尹飞, 毛任钊, 傅伯杰, 等. 2006 农田生态系统服务功能及其形成机制. 应用生态学报, 17(5): 929-934

Costanza R, d'Arge R, deGroot R, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital *Nature*, 387: 253-260

Daily G. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington DC: Island Press

Palmer MA, Morse J, Bernhardt E, et al. 2004. Ecology for a crowded planet *Science*, 304: 1251-1252

Sutherland W J, Armstrong-Brown S, Amisworth PR, et al. 2006. The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. *Journal of Applied Ecology*, 43: 617-627

UNESCO. 1984 Action plan for biosphere reserve *Nature and Resource*, 20: 1-12

作者简介 凡非得, 男, 1981年生, 博士研究生。主要从事生态环境评价与GIS应用研究。E-mail fanfeide2006@163.com

责任编辑 刘丽娟