

## 重庆涪陵榨菜产区生态足迹分析

叶汝坤, 冯国禄

(钦州学院 资源与环境学院, 广西 钦州 535000)

**摘要:**涪陵榨菜是地方特色农产品,也是农业文化遗产。生态足迹是一种分析区域可持续性的有效方法,可以用来研究农业文化遗产保护。分析 1985—2010 年涪陵榨菜产区的生态足迹趋势,人均生态承载力从 1985 年的 1.01 hm<sup>2</sup> 到 2010 年的 0.95 hm<sup>2</sup>,25 年只下降 0.06 hm<sup>2</sup>,人均生态足迹 1985 年为 0.87 hm<sup>2</sup>,比 2010 年的 0.89 hm<sup>2</sup> 轻微上升 0.02 hm<sup>2</sup>。结果表明,涪陵榨菜种植具有良好的生态效益,可持续性较强。基于生态足迹分析,提出涪陵榨菜产区应扩大农业文化遗产的核心载体——榨菜的轮作、套作、间作等种植面积;培养和推广优良品种,减少农药、化肥投入;加大技术扶植与投入;在产区就地进行产品初加工;集中对秸秆、菜残叶等固体废弃物的有机化处理或沼渣化处理等,以加强涪陵榨菜农业文化遗产保护。

**关键词:**生态足迹;农业文化遗产;涪陵榨菜

中图分类号: F830.92

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2012)06-0022-06

### Ecological footprint of Chongqing's Fuling mustard areas

YE Ru-kun, FENG Guo-lu

(Resources and Environmental Sciences College, Qinzhou University, Qinzhou 535000, China)

**Abstract:** Fuling mustard, a typical local agricultural product, is awarded to agricultural heritage. Ecological footprint method can be used in regional sustainable development research to analyze agricultural heritage protection. This paper analyzed the ecological footprint of Fuling mustard areas during the period from 1985 to 2010, and the results showed that: The bio-capacity per capita decreased from 1.01 hectare in 1985 to 0.95 hectare in 2010, while the ecological footprint per capita increased from 0.87 hectare in 1985 to 0.89 hectare in 2010, which suggested that Fuling mustard planting was sustainable. We should increase planting area, breed and spread new varieties, reduce the input of pesticides and fertilizers, increase technical support and investment, develop the preliminary processing of production and organic treatment for the straw, vegetables and other wastes to protect Fuling mustard agricultural heritage.

**Key words:** ecological footprint; agricultural heritage; Fuling mustard

#### 一、问题的提出

农业文化遗产是农村与其所处环境长期协同进化和动态适应下所形成的独特的土地利用系统和农业景观,这种系统与景观具有丰富的生物多样性,有利于促进区域可持续发展。<sup>[1]</sup>历史悠久、结构合理的传统农业景观和系统具有复合性、活态性、战略性等特点。<sup>[2]</sup>自从联合国粮农组织选取秘

鲁的高原农业系统、智利的岛屿农业系统、菲律宾的稻作梯田系统、阿尔及利亚与突尼斯的绿洲农业系统、中国的稻鱼共生系统作为全球重要农业文化遗产保护试点以来,农业文化遗产保护取得了长足进步。与此同时,学者们通过对这些保护基地的研究,取得了相应的成果。<sup>[3-10]</sup>从已有文献来看,农业文化遗产的研究主要集中在以下几个方面:1)农业文化遗产系统结构与作用机制研究,如物种共生系统的病虫害控制,传统文化和本土知识对于生物多样性保护和自然资源管理的作用研究等。张丹等研究表明,相对于水稻单作系统,鸭稻共作系统对稻田土壤微生物群落数量、代谢活性和功能多样

收稿日期: 2012 - 09 - 24

基金项目: 广西教育厅资助项目(200911MS245)

作者简介: 叶汝坤(1969—),男,广西北海人,副教授,主要从事农业资源环境的利用与保护研究工作。

性的提高均具有积极作用。<sup>[11]</sup>廖国强等认为文化多样性是生物多样性的重要组成部分,农业文化遗产在传统耕作方式的基础上形成了独特的文化,对生物多样性的保护起着重要的作用。<sup>[12]</sup>2)农业文化遗产的多重价值、多功能与生态系统服务研究。孙业红、雯珺等认为在一些自然条件复杂、生态系统脆弱的地区,传统农业有利于当地农民的生计维持和生态环境的改善。<sup>[13]</sup>焦雯珺等从生态系统服务功能的角度开展的传统农业可持续发展能力评价和生态系统服务需求的研究进一步表明,传统农业对区域生态和文化遗产保护有着重要影响,当地居民的农业种植模式和消费方式对区域社会经济发展起着积极作用。<sup>[14]</sup>3)农业文化遗产动态保护途径研究。王红谊等认为生态博物馆模式是农业文化遗产保护的一种途径,建立多方参与机制是农业文化遗产保护与可持续发展能力建设的重要组成部分。<sup>[15]</sup>

重庆涪陵榨菜与欧洲酸黄瓜、德国酸甘蓝一起,被列为世界三大酱腌名菜。涪陵榨菜始于1898年,至今已有上百年历史。目前,重庆已经申请涪陵榨菜为非物质文化遗产,2011年开建的重庆榨菜博物馆是一种重要的农业文化遗产标志。涪陵榨菜的生产原材料青菜头的产区面积不是很大,主要集中在丰都县高家镇至巴南区木洞镇附近200公里的长江沿岸地带,以涪陵为中心主产区。涪陵区有40000 hm<sup>2</sup>榨菜种植面积,其中“粮菜轮作”32000 hm<sup>2</sup>、“桑菜套作”4000 hm<sup>2</sup>、“麻菜间作”1300 hm<sup>2</sup>、“果菜间作”2700 hm<sup>2</sup>。榨菜有早、晚熟二个品种,鲜榨菜分别于当年11月和次年4月上市。涪陵区有近一半农户参与榨菜种植,2010年参与榨菜种植的农民达60万人。涪陵区2010年榨菜产量129万吨。榨菜产区充分利用作物轮作、套作、间作等技术和方法,有效地改善了土壤肥力、维持了生态平衡、改善了农田环境、保护了生物多样性等。榨菜作为当地特产畅销国内外,具有较高的经济效益,农民的生产积极性很高。

涪陵榨菜作为重庆农业经济与生产中占有重要地位的地方特色农产品,是一种重要的农业文化遗产,在国内外享有很高的知名度。如何加强这一具有优良历史传统的地方特色农产品的保护,提高其生态、经济效益水平,在理论与实践上均具有重

要意义。笔者拟以生态足迹理论为基础,对重庆涪陵榨菜的可持续发展进行分析,并提出保护与发展的策略。

## 二、研究方法数据来源

生态足迹是人类社会在反思自身单纯追求经济增长带来的资源与环境问题中,所形成的一种衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类所能提供服务的方法。<sup>[16]</sup>生态足迹分析法一般以生态生产性土地为统一度量基准,根据生产力大小的差异,对地球表面的生态生产性土地予以分类,现将研究的基本假设、指标体系及测度方法分述如下:

### 1. 生态足迹分析的基本假设

生态足迹分析的一个基本假设:化石燃料土地、可耕地、林地、草场、建筑用地和水域6类土地用途在空间上是互斥的。<sup>[17]</sup>在此基础上,Wackernagel还延伸了以下6个假设:1)对人类消费的大部分资源和由此产生的废弃物进行跟踪是可能的;2)这些资源和废弃物能折算成生物生产性面积;3)各类用途的生物生产性土地面积,可以折算成标准公顷—全球公顷,全球公顷代表当年全球土地的平均生产力;4)由于土地用途的互斥性,它们可以加总成人类总需求;5)自然的生态服务的供应可以用全球公顷表示;6)由于贸易和交换的存在,生态足迹在一定尺度和范围内可以超越生态承载力。<sup>[18-19]</sup>

### 2. 生态足迹的指标体系

生态足迹的基本指标有:1)生态承载力。它是指在一定区域内,不损害该区域生态环境的情况下,所能承载的人类最大负荷量。生态承载力最初由环境学者Catton明确定义为,一定区域内所能提供给人类的生态生产性土地面积的总和。生态足迹理论直接引用该定义。<sup>[20]</sup>2)人类负荷与生态足迹。基于生态足迹分析的基本假设,一定尺度或范围内特定人群消费的资源 and 产生的废弃物,所必须要消耗的生态生产性土地面积,即为生态足迹指标。<sup>[21]</sup>3)生态赤字/盈余。当一个特定区域的生态承载力小于生态承载力时,出现生态赤字。反之为生态盈余。<sup>[22]</sup>

### 3. 生态足迹基本指标的计算

(1)生态承载力的计算。具体步骤如下<sup>[22]</sup>:1)确定生态生产性面积。一般根据相关统计资料或实

地测量,得出各类生态生产性面积。2)计算生产力系数。由于同类生态生产性土地在不同区域间的生产力和产量水平是不一样的,与全球平均水平是有差异的,因而生态生产性面积不能直接比较,故需要先计算出一个参数以转化为全球平均水平。其计算公式为:某区域某类用地生产力系数=该区域单位平均产量/该类用地全球平均产量。3)计算均衡因子(也称为等价因子)。因6类生态生产性土地的生态生产力存在差异,等价因子就是为使不同类型的生态生产性土地面积转化为在生态生产力上等价的面积,以便于加总求和。其计算公式为:某类生态生产性土地的等价因子=全球该类用地的平均生态生产力/全球所有生态生产用地的平均生态生产力。由于平均生态生产力用实物表达不能直接比较,故一般用货币价值体现。表1为2010年WWF

表1 不同的均衡因子表

生态生产性土地类型	均衡因子
耕地	2.51
草地	0.46
森林	1.26
水域	0.37
建筑用地*	2.51
化石能源(森林)	0.31

\*注:建筑用地假设是占用了基本农业土地,因而建筑用地和耕地具有相同的等价因子

采用的均衡因子表。4)计算各类人均生态承载力。计算公式为:某类用地人均生态承载力=某区域某类用地生产力系数×某区域某类用地生产力系数×某类生态生产性土地的等价因子。5)加总6类用地人均生态承载力,得出人均生态承载力,再乘上该区域总人口,就得出总生态承载力。需要说明的是,在传统生态承载力的计算中,化石能源的生态服务用地一般默认为0,原因是化石能源及矿石在自然界中绝大多数处于地表之下,其地表往往为森林或建筑用地等,根据各类用地互斥的基本假设,在计算生态承载力时就不予考虑化石能源用地。但在计算生态足迹时,则必须要划出相应的生态生产性用地给化石能源,因为化石能源的消费会产生CO<sub>2</sub>及其他相应废弃物,需要有相应的生态生产性用地来吸纳,这在接下来的生态足迹计算中进一步说明。

(2)生态足迹的计算。1)计算各主要消费项目的人均年消费量。对区域内的消费项目按生物资源类型进行划分,并计算区域内每一项的人均年消费量。2)计算生产各种消费项目人均占用的生态生产性土地面积。计算公式为:某消费项目人均占用生态生产性土地面积=某消费项目人均年消费量(kg)/单位年均生产量(kg/hm<sup>2</sup>)。3)计算各类用地的人均生态足迹,汇总生产各种消费项目人均占用的各类生态生产性土地。按6大类生态生产性土地分类并求和,然后将6类生态生产性用地分别乘上等价因子,就成为6类用地的人均生态足迹。在这个计算过程中,难点在于能量消费的生态足迹计算。能量消费作为生态足迹中一个重要的组成部分,是指专门用于吸收来自化石燃料的CO<sub>2</sub>、核电厂的辐射以及建设水电站的面积等。<sup>[23]</sup>通常而言,能量足迹所占比例较大,发达国家的能量足迹一般占生态足迹总量的一半以上,大多数国家的生态赤字主要来自于此。<sup>[24]</sup>因此,能量消费和能量土地常进行单独计算。4)计算生态足迹。求和6类生态生产性用地的人均生态足迹,再乘以区域总人口,就得出总生态足迹。

(3)生态赤字/盈余的计算。人均生态赤字=人均生态承载力-人均生态足迹。若数字大于0,则为人均生态盈余。总生态赤字=总生态承载力-总生态足迹。

### 三、计量结果与分析

重庆涪陵榨菜产区的生态足迹主要分为食物/商品账户、住房/交通账户。其中食物/商品账户主要包括农副产品、动物产品和林产品等;住房/交通账户主要包括住房占地、住户对能源的消耗、交通占地和交通工具对能源的消耗等,通过均衡因子,转换为6类生态生产性面积而计算得出生态足迹。重庆涪陵榨菜产区的生态承载力计算,耕地、林地、水域面积以榨菜产区人均占用面积为依据(包括非榨菜种植面积),通过产量因子等进行调整而计算得出生态承载力。相关计算结果如表2所示。

从表2的生态足迹计算结果可知,涪陵榨菜产区2010年人均生态足迹为0.8925hm<sup>2</sup>,生态生产性土地从大到小依次为耕地、林地、草地、化石能源地、水域、建设用地。其中耕地、林地、草地三

者之和为 0.743 6 hm<sup>2</sup>/人，这反映了产区农民的消费仍主要是食品和纺织品，对能源的消耗较低，表明当地农民的生活方式仍然较为传统，与城市居民的高能耗消费和生活方式有很大不同。在化石能源

用地中，有部分能源消费用于榨菜的生产和加工。由于产区农民使用简易的传统腌制方法，与位于城区的榨菜加工厂的现代工艺有显著不同，对能源需求很低。

表2 涪陵榨菜产区 2010 年各类土地生态足迹和生态承载力占比

土地类型	生态足迹					生态承载力				
	人均面积 (hm <sup>2</sup> /人)	均衡 因子	各类用地 占比/%	均衡面积 (hm <sup>2</sup> /人)	生态足迹 占比/%	人均面积 (hm <sup>2</sup> /人)	均衡 因子	各类用地 占比/%	均衡面积 (hm <sup>2</sup> /人)	生态承载力 占比/%
耕地	0.133 7	2.51	13.47	0.335 6	37.60	0.121 8	2.51	25.13	0.718 4	66.61
林地	0.205 3	1.26	20.68	0.258 7	28.98	0.323 1	1.26	66.66	0.268 7	24.91
草地	0.324 6	0.46	32.70	0.149 3	16.73	0.018 4	0.46	3.79	0.013 4	1.24
水域	0.098 1	0.37	9.88	0.036 3	4.07	0.008 7	0.37	1.79	0.003 2	0.30
化石能源地	0.218 3	0.37	21.99	0.080 8	9.05	0	0.37	0.00	0.000 0	0.00
建设用地	0.012 7	2.51	1.28	0.031 9	3.57	0.012 7	2.51	2.62	0.074 9	6.95
人均总面积	0.992 7		100.00			0.484 7		100.00		
人均占有量				0.892 5	100.00				1.078 6	100.00
扣除 12%生物多样性保护面积									0.129 4	
可利用人均生态承载力									0.949 2	
人均生态盈亏									0.056 7	5.97

涪陵榨菜产区 2010 年人均生态承载力为 0.949 2hm<sup>2</sup>，通过产量因子和均衡因子调整后的人均耕地为 0.718 4 hm<sup>2</sup>，占全部生态承载力的 75%；人均生态盈余为 0.056 7hm<sup>2</sup>。这表明榨菜种植具有良好的生态效益，完全具有可持续性。究其原因，这一方面由于重庆涪陵沿江榨菜产区的地貌主要是丘陵类耕地所致，本身具备较好的生态承载力；另一方面，得益于榨菜的轮作、间作、套作等种植方式，相对于全球平均产量，具有较高的生产力，故经产量因子调整后相对于全球公顷具有更大的数值。

笔者对 1985—2010 年间涪陵榨菜产区主要历史年份的生态足迹进行了计算和比较(图 1)：

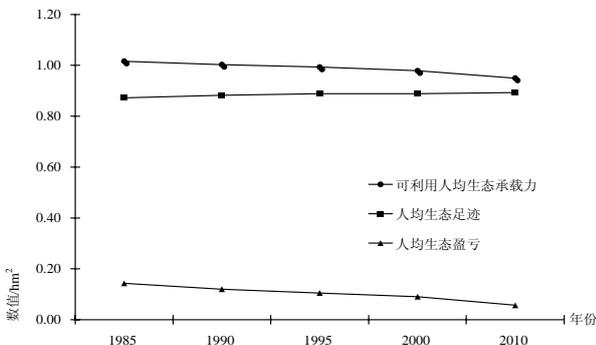


图1 1985-2010 年涪陵榨菜产区生态足迹趋势图

人均生态承载力从 1985 年的 1.01 hm<sup>2</sup>/人到 2010 年的 0.95 hm<sup>2</sup>/人，25 年里只有轻微的下降(0.06 hm<sup>2</sup>/人)，可知涪陵榨菜产区生态环境保护较好，说明保护农业文化遗产对生态环境具有较好的保护作用，其生态效益明显；人均生态足迹从 1985 年的 0.87 hm<sup>2</sup>/人轻微上升至 2010 年的 0.89 hm<sup>2</sup>/人，呈逐年上升态势，其中生态足迹结构发生了变化，耕地与林地逐年下降，而能源用地与建筑用地逐年提高，表明涪陵榨菜产区农民的消费结构在发生变化，能源用地和建筑用地增加，农民生活条件得到改善，同时产区农户在生产方面，化肥与农药的投入有所增加。受生态承载力与生态足迹变化的双重影响，涪陵榨菜产区的生态盈余逐年下降，生态盈余占生态承载力的比从 1985 年的 14% 下降到 2010 年的 6%。比起近年来我国生态赤字迅速增加的情形，涪陵榨菜产区的生态环境保护仍然较好，且主要是由于收入与消费增加所致。

作为地方特色农产品，同时也作为具有优良农业文化遗产特性的涪陵榨菜，在种植方面，由于采用粮菜轮作等方式，相对于单一的水稻等粮食作物种植，能更好地保护土壤肥力，还能有效地起到生

态多样性的保护作用。榨菜的经济效益相对高于其他经济作物,对提高当地经济水平方面起到了重要作用,能激发当地农民保护和传承榨菜这一农业文化遗产的热情,使其得以可持续发展。总的来说,具有鲜明特色的农业文化遗产涪陵榨菜产区,有效地保护了生态环境,但需要进一步提高其生态经济效益,以加强其农业文化遗产保护。

#### 四、结论与建议

本文运用生态足迹理论和方法,对重庆涪陵榨菜产区进行生态足迹分析,结果表明:涪陵榨菜产区2010年人均生态承载力为 $0.9492\text{hm}^2$ ,通过产量因子和均衡因子调整后的人均耕地为 $0.7184\text{hm}^2$ ,占全部生态承载力的75%,人均生态盈余为 $0.0567\text{hm}^2$ ,榨菜种植具有良好的生态效益,完全具有可持续性。究其原因,一方面由于重庆涪陵沿江榨菜产区的地貌主要是丘陵类耕地所致;另一方面,得益于榨菜的轮作、间作、套作等种植方式,相对于全球平均产量,具有较高的生产力。另外,人均生态承载力从1985年的 $1.01\text{hm}^2$ 到2010年的 $0.95\text{hm}^2$ ,25年只下降 $0.06\text{hm}^2$ ;人均生态足迹1985年为 $0.87\text{hm}^2$ ,2010年为 $0.89\text{hm}^2$ ,只上升了 $0.02\text{hm}^2$ ,具有农业文化遗产特色的涪陵榨菜产区,有效地保护了生态环境。通过生态足迹分析可知,涪陵榨菜产区的榨菜种植作为一种农业文化遗产,具有显著的生态经济效益和可持续发展能力,应当大力加以保护和传承。从生态足迹角度出发,应当从以下几个方面来加强保护:

(1) 扩大榨菜的轮作、套作、间作等种植面积。一方面,通过冬夏二季的榨菜轮作,使原来未进行轮作的榨菜区域力争全部实现轮作。另一方面,根据市场需求,进一步扩大整个涪陵农业产区的榨菜种植面积,在原种植其他作物生产的基础上进行榨菜轮作、套作、间作等。这样可以大大提高榨菜产区榨菜产品产出的稳定性,同时可以进一步提高整个区域的生态盈余,进而有效地保护农业文化遗产。

(2) 培养和推广优良品种,减少农药、化肥投入。培养和推广一些产量更高、更耐病虫害、对土壤肥力需求更小的优良品种,减少农药、化肥的投

入,这不仅能进一步减少榨菜种植对环境负作用,还能进一步提高榨菜种植的投入产出率。榨菜产区目前主要推广的优良品种有永安小叶、涪杂一号、涪丰14和小花叶等,实践证明,这些品种对环境的负作用较小,综合效益远高于一般品种。因此,榨菜产区应在建设良种繁育基地的基础上,逐步淘汰落后的农户自繁留种方式。

(3) 加大技术扶植与投入。应制订榨菜原料生产标准,编写无公害规范化栽培技术手册,以及通过对口技术支持与培训,让农民掌握更加科学合理的种植技术,从技术上有效地保障榨菜种植,从而可以进一步提高生态经济效益。

(4) 在产区就地进行榨菜的初加工。为降低鲜榨菜的运输成本和由此产生的能源消耗,同时利于更进一步的集中深加工,各个产区应建立配套的榨菜初加工基地,完成初加工后再统一配送到品牌企业进行深加工和销售,这样能有效降低整个产区的运输成本和相关能源消耗,从而也能在一定程度上降低生态足迹,进一步提高生态经济效益。

(5) 集中对榨菜秸秆、菜残叶进行有机化处理或沼渣化处理。产区榨菜种植和生产十分集中,在收割和生产旺季,会形成大量的秸秆、菜残叶等废弃物,对废弃物的处理合适与否将影响到其农业文化遗产的地位。传统的农户分散化废弃物处理效率低且存在很大的资源浪费。因此各产区在建立配套的榨菜初加工基地的基础上,应集中对菜残叶等进行有机化处理或沼渣化处理。这既能使菜残叶等得到无害化处理,为产区提供有机肥和能源,还将为榨菜农业文化遗产添加上新的内涵。

#### 参考文献:

- [1] 闵庆文. 关于“全球重要农业文化遗产”的中文名称及其他[J]. 古今农业, 2007(3): 116-120.
- [2] 闵庆文, 孙业红. 农业文化遗产的概念、特点与保护要求[J]. 资源科学, 2009, 31(6): 914-918.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Globally Important Agricultural Heritage Systems-A Legacy for the Future[R]. Rome, 2011.
- [4] 何露, 闵庆文, 袁正. 澜沧江中下游古茶树资源、价值及农业文化遗产特征[J]. 资源科学, 2011, 33(6): 1060-1065.

- [5] 高志, 陈菁. 稻鱼共生系统在农业面源污染防治中的作用[J]. 安徽农业通报, 2010, 16(9): 162-164.
- [6] 李文华, 刘某承, 张丹. 用生态价值观权衡传统农业与常规农业的效益——以稻鱼共作模式为例[J]. 资源科学, 2009, 31(6): 899-904.
- [7] 秦钟, 章家恩, 骆世明, 等. 稻鸭共作生态系统服务功能价值的评估研究[J]. 资源科学, 2010, 32(5): 864-872.
- [8] 潘鸿雷, 张维亚. 南京农业文化遗产旅游产品开发思考[J]. 商业经济, 2008(12): 112-113.
- [9] 郭盛晖, 司徒尚纪. 农业文化遗产视角下珠三角桑基鱼塘的价值及保护利用[J]. 热带地理, 2010, 30(4): 452-457.
- [10] 孙业红, 闵庆文, 成升魁, 等. 农业文化遗产旅游资源开发与区域社会经济关系研究[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 138-143.
- [11] 张丹, 闵庆文, 成升魁, 等. 不同稻作方式对稻田杂草群落的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(6): 1603-1608.
- [12] 廖国强, 何明, 袁国友. 中国少数民族生态文化研究[M]. 昆明: 云南人民出版社, 2006.
- [13] 孙业红, 闵庆文, 成升魁, 等. 农业文化遗产资源旅游开发的时空适宜性评价——以贵州从江“稻田养鱼”为例[J]. 资源科学, 2009, 31(6): 942-949.
- [14] 焦雯珺, 闵庆文, 成升魁, 等. 生态系统服务消费量——以传统农业区贵州省从江县为例[J]. 生态学报, 2010, 30(11): 2846-2855.
- [15] 王红谊. 新农村建设要重视农业文化遗产保护利用[J]. 古今农业, 2008(2): 95-103.
- [16] 徐中民, 程国栋. 生态足迹方法: 可持续性定量研究的新方法——以张掖地区1995年的生态足迹计算为例[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1484-1493.
- [17] Wackernagel M. An evaluation of the ecological footprint[J]. Ecological Economics, 1999(31): 317-318.
- [18] Wackernagel M, Monfreda C, Moran D, et al. Nation Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method[M]. Global Footprint Network Oakland, CA, USA, 2005.
- [19] 李宏. 生态足迹理论及其应用研究[D]. 兰州大学, 2006, 11.
- [20] 吴隆杰, 杨林, 苏昕, 等. 近年来生态足迹研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(3): 1-8.
- [21] 徐中民, 张志强, 程国栋, 等. 中国1999年生态足迹计算与发展能力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 2(14): 280-285.
- [22] World Wide Fund for Nature. Ecological Footprint Atlas 2010[R]. Global Footprint Network, Oakland, California: 2010, 10.
- [23] Jiun-Jiun Ferng. Toward a scenario analysis framework for energy footprints[J]. Ecological Economics, 2002, 40: 53-69.
- [24] D Pollard, R Almond. Living planet Report 2010[R]. Wide Fund for Nature, 2010.

责任编辑: 李东辉