基于生态压力指数的商洛市土地生态安全研究

张红侠,曾 科,李睿康
(商洛学院城乡发展与管理工程系,陕西 商洛 726000)

摘 要:应用生态足迹原理和生态压力指数方法,对商洛市 2007—2011 年的人均生态足迹和人均生态承载力进行了计算,并对同时期的土地生态安全状况进行了等级划分。结果显示,商洛市的土地生态安全处于"较安全"等级,生态压力指数呈先增加后减小的变化特征,说明商洛市生物生产性土地产出在逐年增强,土地生态安全状况总体较好。

关键词:生态足迹;生态压力指数;土地生态安全;商洛市
中图分类号:F323.21 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7601(2014)02-0246-05

Study about land ecological safety based on ecological tension index in Shangluo

ZHANG Hong-xia, ZENG Ke, LI Rui-kang
(*Department of Urban and Rural Development & Management Engineering, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi* 726000, *China*)

Abstract: The per capita ecological footprint and biological capacity from 2007—2011 in Shangluo were calculated by applying the ecological footprint principle and the ecological tension index method; and the ecological safety status of land therein in the same period were classified into different grades. The findings show that the ecological safety status of land is in "safer" grade and that the ecological tension index in Shangluo features increase first and then decrease. These demonstrate that the yield of biologically productive land of Shangluo has been increasing year after year and that the overall ecological safety status is good.

Keywords: ecological footprint; ecological tension index; land ecological safety; Shangluo

土地是人类赖以生存的物质基础。土地生态安全指土地资源不受或少受影响和威胁、能够持续为人类提供生活和生产所需的状态。随着我国经济社会快速发展和人口持续增长,土地生态安全问题日益凸显,引起学术界普遍关注[1-4]。目前针对土地生态安全的研究普遍采用的途径之一是基于生态足迹原理的生态压力指数方法[5],江西、河南、上海、天津、中原经济区、内蒙古和新疆等地区[6-12]均有相关研究,陕西省内也有对西安、渭南、宝鸡[13-15]的区域分析,位于陕南的商洛市尚未见此方面研究。加之 2013 年 3 月国务院印发了《关于丹江口库区及上游地区经济社会发展规划的批复》,标志着陕南的发展上升至国家战略层面。《规划》中对于商洛的定位是建设优质绿色农产品、新材料工业基地,建成秦岭南麓生态旅游城市。从定位可知商洛的土地生态安全问题是非常重要的。基于以上两方面分析,本文将对商洛市 2007—2011 年的土地生态安全动态特征进行分析,以期为促进该区域土地资源持续利用提供决策依据。

1 研究区域概况

商洛位于陕西省东南部,东临河南,东南临湖北,北、西北、西南分别与本省渭南市、西安市及安康市接壤。辖商州区 1 区和镇安、丹凤、商南、洛南、山阳及柞水 6 县,土地总面积 19 293 km^2,占陕西省面积的 9.4%。该区地貌以中低山为主,地势西北高、东南低;跨长江、黄河两大流域,位于暖温带和北亚热带过渡区域,属半湿润山地气候;境内沟壑纵横,河流密布,主要河流有丹江、洛河、金钱河、乾佑河、旬河五大水系;商洛土壤北部为褐土(板土),南部为黄褐土(黄泥土);植被以暖温带植被型为主体,素有"南北植物荟萃、南北生物物种库"的美誉,以生漆、油桐、核桃、板栗、柿子及木耳等林特产品而著称。

收稿日期:2013-07-05
作者简介:张红侠(1978—),女,陕西咸阳人,硕士,讲师,主要从事土地资源利用与区域发展相关研究。E-mail:kaixinkuaile@126.com。

2　研究方法与数据来源

2.1　研究方法

2.1.1　生态足迹原理及计算公式　生态足迹(EF)最初由加拿大英属哥伦比亚大学的 William Rees 教授于 1992 年提出[16],该方法主要通过对研究区生态足迹、生态承载力和生态赤字的测算,测评区域可持续发展状况。任何已知人口的国家或地区的生态足迹定义为生产这些人口所消费的资源和吸纳这些人口所产生的废物需要的生物生产面积[17,18],可分为耕地、林地、草地、化石燃料用地、建筑用地和水域六类。生态承载力指研究区域实际能够提供给人类利用的生物生产性土地面积。若区域的生态足迹大于(小于)区域的生态承载力,就出现生态赤字(盈余)。由于各类生物生产性土地在生产力方面存在差异,因此引入均衡因子概念,将各种不同生物生产性土地面积转化为具有相同生产力的面积,从而使各种土地之间具有可比性[19]。由于各个地区不同的资源禀赋,不仅单位面积不同土地类型生产力不同,而且单位面积相同土地类型生产力也有很大差异,所以引入产量因子概念,使不同地区的某类生产性土地面积代表的局地产量能与世界平均产量进行比较。因为生物生产性土地面积的 12% 用于生物多样性保护,所以在计算生态承载力时需扣除 12% 的比例[20]。计算公式如下:

$$\text{生态足迹: } EF = N \times ef = N\sum_{i=1}^{n}(a_i r_j) = N\sum_{i=1}^{n}(c_i/p_i) \times r_j \quad (i = 1,2,3,\cdots,n;\ j = 1,2,3,\cdots,6) \tag{1}$$

$$\text{生态承载力: } EC = N \times ec = \sum_{j=1}^{6} a_j \times r_j \times y_j \quad (j = 1,2,3,\cdots,6) \tag{2}$$

$$\text{生态赤字: } ED = EF - EC = N(ef - ec) \tag{3}$$

上述三式中,EF 为区域生态足迹;EC 为区域生态承载力;ED 为生态赤字;ef 为人均生态足迹;ec 为人均生态承载力;N 为人口数;a_i 为第 i 种物质人均占用生物生产面积;r_j 为均衡因子;c_i 为第 i 种物质的人均消费量;p_i 为第 i 种物质的世界平均生产能力;i 为消费的物质种类;n 为消费物质的种类数;j 为生物生产面积类型;a_j 为人均实际占有的生物生产面积;y_j 为产量因子。

2.1.2　生态压力指数及等级划分　在生态足迹原理的基础上,赵先贵[21] 等提出了生态压力指数概念。它指的是某一国家或地区可更新资源的人均生态足迹与人均生态承载力的比率,该指数代表了区域生态环境的承压程度。由于其具有明显的综合性、科学性及易于操作性,并在不断的争论与批判中逐渐发展与完善,被认为是近 20 年来测度可持续发展研究领域最重要的进展[12]。计算公式为:

$$ETI = ef'/ec \tag{4}$$

式中,ef' 为区域可更新资源的人均生态足迹,其余符号同前。

在提出生态压力指数概念的同时,赵先贵[21]等还提出了生态安全评价指标与等级划分标准,从量化角度细分了区域生态安全等级及表征状态(表 1),该标准自产生以来在不同区域得到了广泛的应用[5-15]。

表 1　生态压力指数等级划分标准

Table 1　The grade of ecological tension index

项目 Item	等级 Grade					
	1	2	3	4	5	6
生态压力指数 Ecological tension index	< 0.50	0.51 ~ 0.80	0.81 ~ 1.00	1.01 ~ 1.50	1.51 ~ 2.00	> 2.00
表征状态 Token state	很安全 Quite safe	较安全 Safer	稍不安全 Slightly unsafe	较不安全 Less unsafe	很不安全 Quite unsafe	极不安全 Extremely unsafe

2.2　数据来源

本文所需原始数据来自商洛市统计年鉴(2008—2012)[22]中关于 2007—2011 年的农业、林业和水产业方面的数据和相关论文。根据商洛市实际情况和统计年鉴中的数据,选取了生物资源消费项目中粮食、蔬菜、油料、棉花、药材、烟叶,桑叶、茶叶、水果、核桃、板栗、花椒、水产品产量等在商洛市具有代表性的 15 个项目作为计算对象,由于统计年鉴上关于草地、建筑用地、能源用地相关数据不够全面,在商洛土地利用类型中所占比例也较小[23],因此本文未把这些项目列入计算,只选取了耕地、林地和水域 3 个方面 15 个项目的生物生产面积类型。原始数据见表 2。

结合商洛实际及相关研究成果,计算区域生态足迹需用的各农作物全球平均产量数据来源于相关文献[24-26]。选用的产量因子中耕地为 1.66,林地为 0.91,水域为 1.00[27]。选用的均衡因子中耕地为 2.8,林地为 1.1,水域为 0.2[28]。计算需用数据汇总于表 3。

表 2 商洛市 2007—2011 年主要作物种植面积与产量及各年人口数

Table 2 The main crop planting area and yield and the number of population during 2007—2011 in Shangluo

项目 Items	2007		2008		2009		2010		2011	
	面积/hm^2 Area	产量/kg Yield	面积/hm^2 Area	产量/kg Yield	面积/hm^2 Area	产量/kg Yield	面积/hm^2 Area	产量/kg Yield	面积/hm^2 Area	产量/kg Yield
粮食 Grain	201500	5.0×10^8	210000	5.9×10^8	216000	6.8×10^8	332700	7.0×10^8	312700	6.0×10^8
蔬菜 Vegetables	14900	3.3×10^8	16250	3.1×10^8	26700	3.7×10^8	27700	4.4×10^8	29000	4.1×10^8
油料 Oil crops	4900	9.3×10^6	5700	12.5×10^6	8560	13.3×10^6	8856	13.6×10^6	92500	15.3×10^6
棉花 Cotton	11	17000	14	20000	18	17000	13	12000	12	12000
麻类 Fiber plant	48	6500	45	6500	55	5600	42	9000	50	9000
烟叶 Flue-cured tobacco	53000	9.7×10^6	57000	12.0×10^6	111400	15.9×10^6	85000	12.3×10^6	120000	18.0×10^6
药材 Chinese herbal medicine	445000	1.2×10^{11}	450000	1.3×10^{11}	456000	1.5×10^{11}	433000	1.4×10^{11}	440000	1.47×10^{11}
瓜果 Melon crops	432	9.5×10^6	292	6.2×10^6	480	7.6×10^6	568	9.0×10^6	500	9.5×10^6
水果 Fruits	3500	5.8×10^7	3900	6.0×10^7	3600	6.5×10^7	3700	6.4×10^7	4000	7.0×10^7
茶叶 Tea	7700	0.7×10^6	9600	0.5×10^6	11300	1.1×10^6	15400	1.6×10^6	17000	1.9×10^6
桑叶 Mulberry	5900	3.6×10^7	6500	4.2×10^7	120000	6.0×10^7	140000	12×10^7	100000	5.9×10^7
核桃 Walnut	80000	1.6×10^7	100000	2.5×10^7	130000	2.7×10^7	120000	2.2×10^7	138000	3.6×10^7
板栗 Chinese chestnut	150000	1.4×10^7	160000	1.5×10^7	180000	1.8×10^7	174000	1.7×10^7	171000	1.6×10^7
花椒 Chinese prickly ash	3000	490000	3500	620000	3600	730000	3800	560000	3790	733000
水产品 Aquatic products	520	1.4×10^6	250	1.3×10^6	350	1.5×10^6	480	1.7×10^6	500	1.8×10^6
人口 Population	2432298		2424781		2430478		2448348		2478733	

表 3 主要作物全球平均产量及计算过程中的产量因子和均衡因子

Table 3 Average yield of the main crop planting and the yield factor and the balance factor

项目 Items	全球平均产量/($kg\cdot hm^{-2}$) Global average yield	产量因子 Yield factor	均衡因子 Balance factor	土地利用类型 Land use category
粮食 Grain	2744	1.66	2.8	
蔬菜 Vegetables	18000	1.66	2.8	
油料 Oil crops	1856	1.66	2.8	
棉花 Cotton	1000	1.66	2.8	耕地
麻类 Fiber plant	1500	1.66	2.8	Arable land
烟叶 Flue-cured tobacco	1550	1.66	2.8	
药材 Chinese herbal medicine	25000	1.66	2.8	
瓜果 Melon crops	18000	1.66	2.8	
水果 Fruits	18000	0.91	1.1	
茶叶 Tea	566	0.91	1.1	
桑叶 Mulberry	1000	0.91	1.1	林地
核桃 Walnut	3000	0.91	1.1	Woodland
板栗 Chinese chestnut	3000	0.91	1.1	
花椒 Chinese prickly ash	945	0.91	1.1	
水产品 Aquatic products	29	1.00	0.2	水域 Water

3 商洛市土地生态安全实证分析

3.1 人均生态足迹分析

把相同土地利用类型的不同消费项目合计,再计算不同土地利用类型总的人均生态足迹。利用前文提到的公式(1)及表 2 和表 3 的数据得出商洛市 2007—2011 年人均生态足迹动态变化情况(表 4)。

从表 4 可看出,商洛市的耕地人均生态足迹远远大于林地和水域的人均生态足迹,并且耕地、林地和水域的人均生态足迹都是逐年增加的,总的人均生态足迹也呈逐年增加趋势,说明商洛市随着人口数量的增长对土地利用的程度逐年增强,从而导致生态足迹增加,这也是生产力发展的结果。同时能看出耕地的人均生态足迹增加幅度和总的人均生态

足迹变化趋势相同,相关性最大,说明商洛的耕地利用状况对其土地生态安全影响最大。这是因为耕地受人的影响程度最高,最易发生改变,在分析人类活动对生态环境的影响时应重点考虑。

3.2　人均生态承载力分析

人均生态承载力计算原理同人均生态足迹。利用前文提到的公式(2)及表 2 和表 3 的数据得出商洛市 2007—2011 年人均生态承载力动态变化情况(表 5)。

表 4　商洛市 2007—2011 年人均生态足迹/hm^2

Table 4　The ecological footprint per capita during 2007—2011 in Shangluo

年份 Year	耕地 Arable land	林地 Woodland	水域 Water	合计 Total
2007	0.797033	0.023054	0.003969	0.824056
2008	0.886249	0.027312	0.003369	0.916930
2009	1.021214	0.039009	0.004258	1.064481
2010	0.978889	0.062843	0.005066	1.046798
2011	1.043542	0.035696	0.005005	1.084243

表 5　商洛市 2007—2011 年人均生态承载力/hm^2

Table 5　The biological capacity per capita during 2007—2011 in Shangluo

年份 Year	耕地 Arable land	林地 Woodland	水域 Water	合计 Total	扣除 12%后 After deducting 12%
2007	1.366120	0.102927	0.000043	1.469090	1.292799
2008	1.417019	0.117024	0.000021	1.534064	1.349976
2009	1.566934	0.140263	0.000029	1.707226	1.502359
2010	1.684385	0.186678	0.000039	1.871102	1.646570
2011	1.864383	0.174952	0.000037	2.039372	1.794647

从表 5 可看出商洛市耕地人均生态承载力和总的人均生态承载力逐年增长速度较快,而林地和水域的人均生态承载力增长缓慢,这说明近五年商洛市的耕地面积发展较快,林地和水域面积发展缓慢甚至倒退。因为耕地所占比例大,所以总的人均生态承载力逐年增加速度比较快。从这方面来说,商洛市的发展是趋好的,生态承载力的提高说明土地利用潜力增大,土地生态安全状况总体较好。

3.3　生态压力指数计算及等级划分

根据表 4 与表 5 中历年的人均生态足迹和人均生态承载力,利用公式(4)可计算出商洛市 2007—2011 年的生态压力指数。结合表 1 可得出同时期生态压力指数等级和表征状态(表 6)。

根据表 6 数据可做出图 1 和图 2。从表 6 和图 1 可看出:(1)商洛市五年来人均生态足迹小于人均生态承载力,处于生态盈余状态。(2)人均生态足迹呈波动上升趋势,表明随着人口的增加,消费需求增大;人均生态承载力呈逐年增大变化,表明商洛市生产性土地的产出能力在逐年增强。从表 6 和图 2 可看出:(1)商洛市五年来土地生态安全等级为 2 级,土地生态压力指数在 0.60 ~ 0.71 范围波动,状态为"较安全"。(2)五年中 2007—2009 年生态压力指数逐年增大,2009—2011 年又逐年减小,此变化特征与提高生物生产性土地的利用潜力有密切关系。

表 6　商洛市 2007—2011 年生态压力指数等级分布

Table 6　The grade distribution of ecological tension index during 2007—2011 in Shangluo

年份 Year	人均生态足迹/hm^2 *ef*	人均生态承载力/hm^2 *ec*	生态压力指数 *ETI*	等级 Grade	表征状态 Token state
2007	0.824056	1.292799	0.637420	2	较安全 Safer
2008	0.916930	1.349976	0.679219	2	较安全 Safer
2009	1.064481	1.502359	0.708540	2	较安全 Safer
2010	1.046798	1.646570	0.635745	2	较安全 Safer
2011	1.084243	1.794647	0.604154	2	较安全 Safer

4　结论与展望

本文应用生态足迹原理及生态压力指数方法,对商洛市 2007—2011 年土地生态安全状况进行了计算分析。结果表明:(1)商洛市目前处于生态盈余状态,生态需求没有超过生态系统承载范围,从总体上看商洛市土地生态安全状况较好。(2)商洛市耕地的生态承载力最大,可利用程度高,生态盈余也最大,说明耕地还未完全开发利用,耕地资源保护较好。(3)商洛市林地的利用率较低,生态足迹占生态

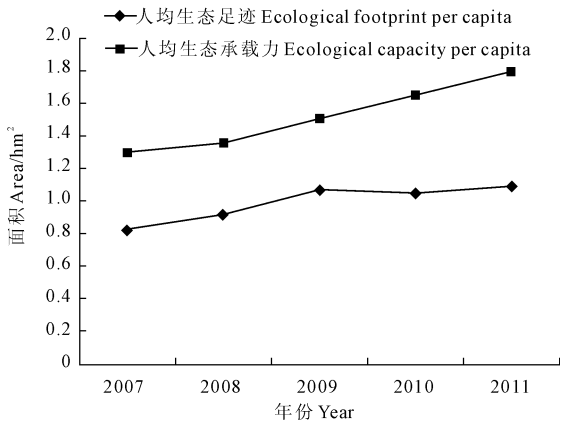

图 1 商洛市 2007—2011 年人均生态足迹和生态承载力变化

Fig.1 Trend of average ecological footprint and ecological capacity in Shangluo during 2007—2011

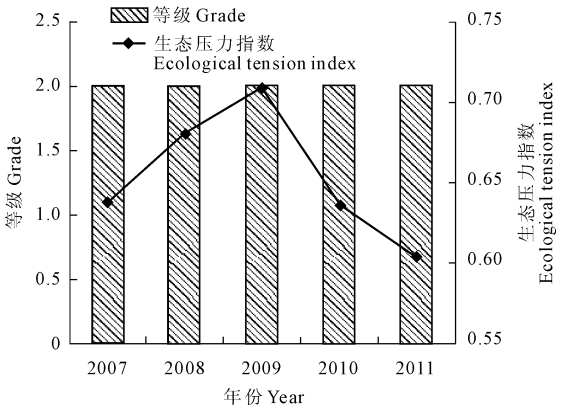

图 2 商洛市 2007—2011 年生态压力指数等级分布

Fig.2 The grade distribution of ecological tension index in Shangluo during 2007—2011

承载力 30%以下的比重,说明区域林地生产效率未得到充分利用。(4)五年来商洛市土地生态等级为 2 级,处于较安全状态;生态压力指数以 2009 年为峰值先增大后减小,表明随着人口消费需求的增加,单位面积的生物生产性土地利用潜力增强。

本文在生态足迹原理的基础上,应用目前广泛使用的生态压力指数方法,对商洛市 2007—2011 年土地生态安全状况进行了计算和等级划分,从量化角度分析了近五年商洛市土地生态安全状态。但对于商洛市各区县的土地生态安全状况未进行空间差异对比,这也是今后进一步的研究方向。

参 考 文 献:

[1] 刘胜华.我国土地生态安全问题及其立法[J].国土资源科技管理,2004,21(2):53-56.

[2] 梁留科,张运生,方 明.我国土地生态安全理论研究初探[J].云南农业大学学报,2005,20(6):829-834.

[3] 崔 峰.我国土地生态安全问题管窥[J].南京农业大学学报(社会科学版),2006,6(4):51-56.

[4] 李智国,杨子生.中国土地生态安全研究进展[J].中国安全科学学报,2007,17(12):5-12.

[5] 赵先贵,马彩虹,高利峰,等.基于生态压力指数的不同尺度区域生态安全评价[J].中国生态农业学报,2007,15(6):135-138.

[6] 肖 玲,董林林,兰叶霞,等.基于生态压力指数的江西省生态安全评价[J].地域研究与开发,2008,27(1):117-125.

[7] 程冬鸽,赵先贵,张 军,等.基于生态压力指数的河南省生态安全时空差异分析[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(3):288-293.

[8] 高利峰,赵先贵.基于生态压力指数的生态安全动态分析——以上海市为例[J].农业系统科学与综合研究,2011,27(3):273-277.

[9] 高利峰.基于生态压力指数的天津市生态安全评价[J].安康学院学报,2011,23(2):26-28.

[10] 徐欢欢,林 坚,李 昕,等.基于生态压力指数测算的中原经济区生态安全研究[J].城市发展研究,2012,19(10):118-124.

[11] 郝晨光,单文广.基于生态压力指数法的内蒙古生态环境压力趋势研究[J].安徽农业科学,2012,40(15):8684-8686.

[12] 郭鹏程,包安明.基于生态压力指数的新疆生态安全时空动态分析[J].中国沙漠,2012,32(1):235-243.

[13] 赵先贵,韦良焕,马彩虹,等.西安市生态足迹与生态安全的动态研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(1):1-5.

[14] 肖 玲,赵先贵,杨冰灿.渭南市生态足迹与生态安全动态研究[J].中国生态农业学报,2007,15(6):139-142.

[15] 徐玉霞.基于生态足迹的城市生态安全评价——以宝鸡市为例[J].中国农学通报,2010,26(21):286-290.

[16] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992,4(2):121-130.

[17] 赵先贵,肖 玲,兰叶霞,等. 陕西省生态足迹和生态承载力动态研究[J].中国农业科学,2005,38(4):746-753.

[18] 赵先贵,高利峰,马彩虹,等.中国生态足迹的动态研究[J].中国生态农业学报,2007,15(1):149-152.

[19] 许月卿.基于生态足迹的北京市土地生态承载力评价[J].资源科学,2007,29(5):37-42.

[20] 韦良焕,赵先贵,高利峰.安康市 2003 年生态足迹分析[J].水土保持研究,2007,14(1):4-6.

[21] 赵先贵,肖 玲,马彩虹,等.基于生态足迹的可持续评价指标体系的构建[J].中国农业科学,2006,39(6):1202-1207.

[22] 商洛市统计局.商洛市统计年鉴 2008—2012[M].北京:中国统计出版社,2013:30-168.

[23] 白巧凤,张晓虎.浅论商洛山区土地资源的可持续利用[J].水土保持学报,2002,16(6):132-135.

[24] 张志强,徐中民,程国栋,等.中国西部 12 省(区市)的生态足迹[J].地理学报,2001,56(5):599-609.

[25] 谭 庆,汪正祥,雷 耘,等.湖北省近 20 年生态足迹演化[J].生态学杂志,2008,27(6):974-977.

[26] 林 波,薛惠锋,蔡 琳,等.陕西省 2004 年生态足迹计算与分析[J].西北林学院学报,2007,22(3):174-178.

[27] 杨开忠,杨 咏,陈 洁.生态足迹分析理论与方法[J].地球科学进展,2000,15(6):631-636.

[28] 徐中民,程国栋,张志强.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.