

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

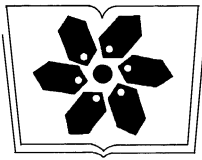
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第17期 Vol.31 No.17 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 17 期

2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

海洋生态资本理论框架下海洋生物资源的存量评估·····	任大川,陈 尚,夏 涛,等 (4805)
内生真菌对羽茅生长及光合特性的影响·····	贾 彤,任安芝,王 帅,等 (4811)
基于遥感图像处理技术胡杨叶气孔密度的估算及其生态意义·····	蒋圣淇,赵传燕,赵 阳,等 (4818)
水文变异下的黄河流域生态流量·····	张 强,李剑锋,陈晓宏,等 (4826)
黄河三角洲重度退化滨海湿地盐地碱蓬的生态修复效果·····	管 博,于君宝,陆兆华,等 (4835)
浙江省某 PCBs 废物储存点对其邻近滩涂生态系统的毒性风险·····	何闪英,陈昆柏 (4841)
鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征·····	胡启武,朱丽丽,幸瑞新,等 (4851)
三峡库区银鱼生长特点及资源分析·····	邵晓阳,黎道峰,谭 路,等 (4858)
低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响 ···	刘 波,王美姝,谢 骏,等 (4866)
Cd ²⁺ 对角突臂尾轮虫和曲腿龟甲轮虫的急性毒性和生命表统计学参数的影响 ·····	许丹丹,席貽龙,马 杰,等 (4874)
圈养梅花鹿 BDNF 基因多态性与日常行为性状的关联分析 ·····	吕慎金,杨 燕,魏万红 (4881)
华北平原玉米田生态系统光合作用特征及影响因素 ·····	同小娟,李 俊,刘 渡 (4889)
长期施肥对麦田大型土壤动物群落结构的影响 ·····	谷艳芳,张 莉,丁圣彦,等 (4900)
蚯蚓对湿地植物光合特性及净化污水能力的影响·····	徐德福,李映雪,王让会,等 (4907)
三种农药对红裸须摇蚊毒力和羧酸酯酶活性的影响 ·····	方国飞 (4914)
六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向·····	刘金龙,宗世祥,张金桐,等 (4919)
除草剂胁迫对空心莲子草叶甲种群的影响及应对策略·····	刘雨芳,彭梅芳,王成超,等 (4928)
荒漠植物准噶尔无叶豆结实、结籽格局及其生态适应意义 ·····	施 翔,王建成,张道远,等 (4935)
限水灌溉冬小麦冠层氮分布与转运特征及其对供氮的响应·····	蒿宝珍,姜丽娜,方保停,等 (4941)
准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征 ·····	王丽娟,孙栋元,赵成义,等 (4952)
基于地表温度-植被指数关系的地表温度降尺度方法研究 ·····	聂建亮,武建军,杨 曦,等 (4961)
岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征 ·····	汪智军,梁 轩,贺秋芳,等 (4970)
施氮量对麻疯树幼苗生长及叶片光合特性的影响 ·····	尹 丽,胡庭兴,刘永安,等 (4977)
黄土丘陵区羔沟流域典型植物叶片 C、N、P 化学计量特征季节变化 ·····	王凯博,上官周平 (4985)
克隆整合提高淹水胁迫下狗牙根根部的活性氧清除能力·····	李兆佳,喻 杰,樊大勇,等 (4992)
低覆盖度固沙林的乔木分布格局与防风效果·····	杨文斌,董慧龙,卢 琦,等 (5000)
东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价·····	莫 菲,李叙勇,贺淑霞,等 (5009)
11 种温带树种粗木质残体分解初期结构性成分和呼吸速率的变化 ·····	张利敏,王传宽,唐 艳 (5017)
连栽第 1 和第 2 代杉木人工林养分循环的比较·····	田大伦,沈 燕,康文星,等 (5025)
最优化设计连续的自然保护区·····	王宜成 (5033)
基于自然地理特征的长江口水域分区·····	刘录三,郑丙辉,孟 伟,等 (5042)
煤电一体化开发对锡林郭勒盟环境经济的影响·····	吴 迪,代方舟,严 岩,等 (5055)
专论与综述	
生态条件的多样性变化对蜜蜂生存的影响·····	侯春生,张学锋 (5061)
研究简报	
胶州湾潮间带大型底栖动物次级生产力的时空变化·····	张崇良,徐宾铎,任一平,等 (5071)
湿地公园研究体系构建·····	王立龙,陆 林 (5081)
基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例·····	杨 艳,牛建明,张 庆,等 (5096)
学术信息与动态	
恢复与重建自然与文化的和谐——2011 生态恢复学会国际会议简介 ···	彭少麟,陈蕾伊,侯玉平,等 (5105)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2011-09	



封面图说: 相当数量的降雪与低温严寒是冰川发育的主要因素,地球上的冰川除南北两极外,只有在高海拔的寒冷山地才能存在。喜马拉雅山造山运动使中国成为了世界上中低纬度冰川最为发育的国家,喜马拉雅山地区雪峰连绵、冰川四溢,共有现代冰川 17000 多条,是世界冰川发育的中心之一。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

杨艳,牛建明,张庆,张艳楠. 基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例. 生态学报, 2011, 31 (17): 5096-5104.

Yang Y, Niu J M, Zhang Q, Zhang Y N. Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (17): 5096-5104.

基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力 与可持续发展研究 ——以内蒙古锡林郭勒盟为例

杨 艳¹, 牛建明^{1,2,*}, 张 庆¹, 张艳楠¹

(1. 内蒙古大学生命科学学院生态与环境科学系, 呼和浩特 010021;

2. 中美生态、能源及可持续性科学内蒙古研究中心, 呼和浩特 010021)

摘要: 以内蒙古自治区锡林郭勒盟为例, 以锡林郭勒盟 1981—2008 年的统计资料为依据, 应用生态足迹法对其近 30 a 的生态足迹和生态承载力进行了实证计算和研究, 探讨了半干旱草原区的生态承载力动态变化及其对可持续发展的影响。研究表明: (1) 工业化、城镇化的快速发展, 使该区生态足迹明显增加, 人均生态足迹由 1981 年的 1.0868 hm² 增加到 2008 年的 24.2176 hm², 高于全国和国内部分草原区, 化石能源和草地生态足迹急剧增加是区域生态足迹增加的主导因素; (2) 随着人口增长, 草地、耕地等人均承载力下降, 土地总人均承载力也从 1981 年的 3.1565 hm² 下降到 2008 年的 2.3915 hm²; (3) 该区域发展呈现出由生态盈余转为生态赤字, 且生态赤字快速增长的趋势。其根源一方面 20 世纪 90 年代以来, 国内市场对煤炭等本地优势资源需求的增加和重新配置加速了该区域工业化进程, 增加了生态足迹; 另一方面草地需求旺盛导致对草地的掠夺性经营加剧, 致使草地退化严重, 降低了生态承载力。锡林郭勒盟以畜牧业为主, 草地是经济发展的基础, 而工业化、城镇化的发展急剧增加了对草地资源的需求, 如何科学、合理的协调工业化、城镇化发展和草地退化之间的矛盾, 是锡林郭勒盟能否可持续发展的一个关键性因素。

关键词: 草原; 可持续发展; 生态承载力; 生态足迹; 锡林郭勒盟

Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League

YANG Yan¹, NIU Jianming^{1,2,*}, ZHANG Qing¹, ZHANG Yannan¹

1 School of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China

2 Sino-US Center for Conservation, Energy and Sustainability Science, Hohhot 010021, China

Abstract: The development and testing of regional sustainable development indicators is an active research area. This study uses quantitative indicators to determine whether nature's ecological carrying capacity can satisfy the needs of humans. There are many quantitative measuring methods for sustainable development, but the ecological footprint analysis has a more widespread application. This method is used to calculate ecological footprints by looking at need and the ecological carrying capacity in terms of support, and study the use degree of humanity to natural. Using these results, the circumstances of an area or country's sustainable development may be established.

Xilinguole League is located 111°59'—120°00'E and 42°32'—46°41'N. The total area is 201442 km², with a

基金项目: 国家自然科学基金资助(30760158, 31060320); 现代农业产业技术体系建设专项资金; 高等学校博士学科点专项科研基金资助课题资助(20070126004); “内蒙古草地生态学重点实验室——省部共建国家重点实验室培育基地资助项目(2007-02)

收稿日期: 2010-07-30; **修订日期:** 2011-02-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jnniu2005@163.com

grassland area of 192000 km², and covers one-quarter grassland area of the Inner Mongolia Autonomous Region.

In this study we conducted an ecological footprint analysis of the Xilinguole League, using statistical data from 1981 to 2008. The computed ecological carrying capacity and its 30-year dynamics revealed the major development trends of this semi-arid grassland region. Our findings showed the following. (1) Rapid industrialization and urbanization altered the area's per capita ecological footprint dramatically. The area increased from 1.0868 hm² in 1981 to 24.2176 hm² in 2008, surpassing China's national average and that of other domestic grassland areas. The main driver of this increase was the rapid expansion of areas involved in the extraction of fossil fuels and other grassland uses. (2) Rapid population growth resulted in the decline of per capita ecological carrying capacity for this region, with grassland—cropland capacities being most affected. The total per capita ecological carrying capacity decreased from 3.1565 hm² in 1981 to 2.3915 hm² in 2008. (3) Development has been accompanied by a shift from a regional ecological surplus to an ecological deficit.

Two factors are responsible for these conditions. First, since the 1990s, the domestic market has increased the demand for and taken advantage of local resources such as coal and other electric power generation sources. In addition, the area itself has experienced economic development, which has accelerated industrialization. This development has caused an increase in demand for energy use and living resources, further advancing urbanization. As a consequence, the ecological footprint has increased dramatically. Second, demand for livestock production has increased dramatically and has resulted in long-term over-grazing. In addition, many years of poor grassland management has damaged the grassland ecology and created a fragile environment. Grasslands in the area have become severely degraded, and ecological carrying capacity has declined. Moreover, industrialization and urban development, the growth of residential areas and transport routes, the takeover of grassland by industrial and mining areas, have all put extra stress on available grassland.

The Xilinguole League development represents a massive increase in energy use and the severe ecological deficit of a semi-arid grassland area due to industrialization and urban development. However, because grasslands offer an important foundation for economic development, their degradation may compromise the region's sustainability. Scientific research is vitally important to find a balance between industrialization and urbanization incentives and the sustainable management of natural resources.

Key Words: grassland; sustainable development; ecological carrying capacity; ecological footprint; Xilinguole League

可持续发展作为一种新的发展理念和模式已从定性的描述走向定量的测度和评价,对它的定量测度,研究方法^[1]很多,但出发点都是为了表达人类对自然的利用是否处于自然系统的生态承载力范围内^[2]。生态承载力即生态环境的承载能力,是指自然生态系统所提供的资源 and 环境对人类社会系统良性发展的一种支持能力,是自然体系调节能力的客观反映。生态承载力的本质是生态系统的可持续承载^[3],它有上下两个阈值,如果超出了这个范围,就不能正常发挥其功能,以至于偏离可持续发展轨道^[4]。人类社会必须生存于生态系统的承载力范围内^[5],即人类的可持续发展必须建立在生态系统完整、资源持续供给和环境长期有容纳量的基础上,不应超越生态系统的承载限值。

度量生态承载力的方法有很多,其中生态足迹法具有较广泛的应用。该方法最初由加拿大生态经济学家 William 和其博士生 Wackernagel^[6]提出,它通过测算人类对自然生态服务的需求与自然能提供的生态服务之间的差距,研究人类对自然的利用状况,分析人类对生态系统的依赖性、生态系统的承受能力,来度量可持续发展程度^[7];之后生态足迹法被用在在国外很多国家和地区可持续发展态势的研究上^[8-10]。1999 年,生态足迹法被引入到我国^[11-13],研究范围从国家和省、市^[14-16]等大范围区域尺度,逐渐到县、镇^[17-19]级区域尺度,也出现了更微观的学校、企业、家庭^[20-22]等生态足迹的研究,它是现今得到不断应用和发展的一种生态评价方法。

在草原区域,一些学者将承载力理论引入到草原管理中^[23],针对草原生态系统的特点^[24],草原生态系统的生态承载力是指某一时期某一地域,在确保资源的合理开发利用和生态环境良性循环发展的条件下,可持

续承载的人口数量、经济强度及社会总量的能力^[25]。草地生态承载力能够反映草地生态系统的状态和承载能力,是评价草地可持续发展能力的基础系统方法之一^[26]。在草地畜牧业地区,实现可持续发展的最基本和最首要的条件是维持草地生态系统的完整性,控制草地资源开发强度^[27]。目前,由于人类活动的过度干扰,造成草原退化问题日趋严重,对草原地区的生态承载力和可持续发展的研究逐渐增多,杨齐,李建龙^[28]等人应用生态足迹法研究了新疆阜康市总体生态安全以及草地生态安全状况,剖析了阜康市草地生态赤字的成因,李雪峰^[29]曾用生态足迹法研究内蒙古呼伦贝尔市 2005 年的可持续发展情况。研究表明,在草原牧区,工业化和城镇化的迅猛发展,导致工农业生产消费和人民生活消费迅速增加,草地资源被过度利用,生态承载力下降,出现严重赤字;草地供需矛盾突出,已成为草原区域最主要的生态不安全因素。

在本项研究中,以具有代表性、处于半干旱草原区的内蒙古自治区锡林郭勒盟为例,针对其工业发展与牧区生态环境、草畜平衡之间的突出矛盾,通过计算近 30 a 的生态足迹和生态承载力,刻画生态足迹、生态承载力动态变化趋势,进而阐明人类活动对自然资源的利用程度,剖析半干旱草原区由于工业化和城镇化进程对资源需求、土地承载力及草地生态系统的影响。

1 研究区域概况

锡林郭勒盟位于内蒙古自治区中部,东经 111°59′—120°00′,北纬 42°32′—46°41′,属于中温带大陆性气候。锡林郭勒盟土地总面积 20.14 万 km²,其中草原总面积 19.14 万 km²,占总面积的 95%,占内蒙古自治区草原面积的 1/4^[30]。锡林郭勒盟是我国重要的天然草原放牧畜牧业基地之一,2008 年牧业年度牲畜存栏 1324.8 万头只,占内蒙古自治区的比重 12.4%;年均出栏牲畜 1000 多万羊单位,占内蒙古自治区牲畜出栏数的 30% 多;肉类总产量 17.8 万 t,占内蒙古自治区的比重 8.1%。

锡林郭勒盟矿藏资源丰富,现已发现的矿种达 50 余种。2003 年以来,该盟依托丰富的煤炭和有色金属矿产资源,引导国有大企业走新型工业化的道路,2008 年,工业增加值占地区生产总值比重提高到 53%,工业主导经济的局面基本形成。

2 研究方法

2.1 生态足迹计算

在本研究中,使用生产性生态足迹。生产性生态足迹是指一个区域每年从生态系统中实际取得的生物产量所需要的生态生产性土地面积,生产性生态足迹大于当地生态承载力时为生产性生态赤字,反之则为生产性生态盈余^[31]。该指标能够较为客观真实地反映当地生态环境所承受的压力,并且不必考虑区域进出口量的差额,所以克服了因部分关键数据限制所导致计算误差较大的弊端^[32-33]。

生态足迹的表达式为:

$$PF_{ij} = DE_{ij} / P_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中, PF_{ij} 为第 i 种资源第 j 年的生产性生态足迹(hm²); DE_{ij} 为第 i 种资源第 j 年的生产量(t); P_{ij} 为第 i 种资源第 j 年的世界平均生产能力(kg/hm²)。

锡林郭勒盟 1981—2008 年生态足迹的计算主要包括 3 部分:(1)生物资源部分;(2)能源部分;(3)吸纳区域内废弃物需要的生物生产面积。

生物资源主要依据粮食、油料、蔬菜、酒、食用植物油、羊肉、牛肉、猪肉、奶类、羊毛绒、水产品、水果 12 类农牧产品的生产量来计算,生产面积折算采用联合国粮农组织 1993 年提出的相关标准^[34];能源部分主要计算原煤、原油、电力等的足迹,采用单位化石能源土地面积平均发热量为标准^[35];参考生态价值评估技术中的市场价值法,将吸纳区域内人口废弃物需要价值转化为生物生产面积^[36]。具体方法为:

$$B = \frac{Q}{P \times M} \times r_i \times y_i \quad (2)$$

式中, B 为人均废弃物处理折算的生物生产面积(hm²), Q 为区域内垃圾处理费用(万元), P 为单位耕地面积的产值(万元/hm²), M 为人口数(人), r_i 为均衡因子, y_i 为产量因子。

最后,将计算得到的各种生物生产面积进行汇总,并乘以相应的均衡因子,得到符合世界平均生态空间标准的研究区域生态足迹(表1)。

表1 锡林郭勒盟1981—2008年人均生态足迹计算汇总

Table 1 Calculated results of ecological footprint of Xilinguole league in 1981—2008

年份 Year	草地 Pasture /hm ²	耕地 Cropland /hm ²	林地 Forest /hm ²	水域 Fisheries /(×10 ⁻⁶ hm ²)	建筑用地 Built-up area /hm ²	化石能源 Fossil Fuels /hm ²	废弃物处理 waste disposal /hm ²	人均生态足迹 Per capita eco-footprint /(hm ² /人)
1981	0.7623	0.1192	0.0054	1.4	0.0002	0.1998	<0.0008	1.0868
1982	1.0109	0.2617	0.0051	2.7	0.0002	0.1926	<0.0008	1.4705
1983	1.1824	0.1489	0.0033	5.5	0.0002	0.1999	<0.0008	1.5346
1984	1.2750	0.2657	0.0067	5.0	0.0002	0.1898	<0.0008	1.7375
1985	1.3679	0.2783	0.0069	3.9	0.0002	0.2320	<0.0008	1.8854
1986	1.1836	0.1521	0.0104	3.2	0.0003	0.2555	<0.0008	1.6018
1987	1.3274	0.1337	0.0123	0.54	0.0003	0.2742	<0.0008	1.7481
1988	1.2261	0.2096	0.0088	4.0	0.0003	0.2475	<0.0008	1.6923
1989	1.5976	0.1522	0.0107	1.5	0.0003	0.4679	<0.0008	2.2287
1990	1.6233	0.3077	0.0152	2.8	0.0005	0.8845	<0.0008	2.8312
1991	1.8966	0.3235	0.0152	2.8	0.0007	0.9569	<0.0008	3.1930
1992	1.8529	0.3408	0.0152	2.8	0.0009	0.9762	<0.0008	3.1860
1993	1.8963	0.3170	0.0152	2.8	0.0009	0.9256	<0.0008	3.1551
1994	1.9463	0.2867	0.0383	2.8	0.0011	1.0243	<0.0008	3.2967
1995	2.1237	0.3812	0.0383	1.6	0.0012	1.0880	<0.0008	3.6325
1996	2.4554	0.3750	0.0383	1.6	0.0012	1.0622	<0.0008	3.9321
1997	2.9981	0.2529	0.0383	1.6	0.0013	1.0679	<0.0008	4.3585
1998	3.0778	0.4726	0.0464	1.6	0.0013	1.0963	<0.0008	4.6945
1999	3.3048	0.4758	0.0515	1.6	0.0013	1.0575	<0.0008	4.8909
2000	3.9586	0.3697	0.0768	1.6	0.0013	1.0436	0.0008	5.4508
2001	3.4254	0.2580	0.0594	1.0	0.0014	1.0342	0.0004	4.7787
2002	2.6939	0.2795	0.0582	2.5	0.0014	1.0577	0.0007	4.0915
2003	3.1482	0.3763	0.0453	0.91	0.0015	1.2493	0.0119	4.8326
2004	3.2979	0.6028	0.0603	0.91	0.0028	1.9662	0.0008	5.9309
2005	3.4766	0.6537	0.0685	1.8	0.0028	3.4443	0.0226	7.6685
2006	3.6469	0.8673	0.0722	1.9	0.0113	5.2407	0.0233	9.8617
2007	3.6646	0.6865	0.0845	1.9	0.0376	9.3273	0.0233	13.8238
2008	3.3987	0.8552	0.1030	1.9	0.0603	19.7772	0.0233	24.2176

以1981—2008年的锡林郭勒盟统计年鉴资料为数据源^[37]

2.2 生态承载力计算

生态承载力是指区域所能够提供给人类的生态生产性土地面积的总和。可表示为:

$$EC = N \times e \times c = N \times a \times r \times y \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 6) \quad (3)$$

式中, EC 为区域总人口的生态承载力(hm^2), N 为人口数(人), ec 为人均生态承载力($\text{hm}^2/\text{人}$), a_j 为人均生物生产面积($\text{hm}^2/\text{人}$), r_i 为均衡因子, y_j 为产量因子。在人均生态承载力的计算中,按世界环境与发展委员会的报告《我们共同的未来》所建议,扣除12%的生物多样性保护面积,即为可利用的人均生态承载面积(表2)。

2.3 均衡因子和产量因子的计算

均衡因子采用我国目前常用的取值,即耕地、建筑用地为1.66,林地为0.91,草地为0.19,水域为1.00,

化石原料用地为0^[35]。

表 2 1981—2008 年锡林郭勒盟生态承载力
Table 2 Calculated results of ecological carrying capacity of Xilinguole League in 1981—2008

年份 Year	草地 Pasture /hm ²	耕地 Cropland /hm ²	林地 Forest /hm ²	水域 Fisheries /hm ²	建筑用地 Built-up area /hm ²	人均生态 承载力 Per capita bio-capacity /(hm ² /人)	减去生物多 样性保护 (12%) Minus 12% for biodiversity	可利用人均 生态承载力 /(hm ² /人) Available per capita bio-capacity	生态赤字 /hm ² Per capita eco-deficit
1981	2.4137	0.4513	0.4743	0.0204	0.2274	3.5870	0.4304	3.1565	-2.0697
1982	2.3312	0.4252	0.4581	0.0197	0.2196	3.4538	0.4145	3.0393	-1.5688
1983	2.3107	0.4100	0.4540	0.0195	0.2177	3.4119	0.4094	3.0025	-1.4679
1984	2.2870	0.3915	0.4494	0.0193	0.2154	3.3626	0.4035	2.9591	-1.2216
1985	2.2707	0.3813	0.4462	0.0192	0.2139	3.3311	0.3997	2.9314	-1.0460
1986	2.2464	0.3566	0.4414	0.0190	0.2116	3.2749	0.3930	2.8819	-1.2801
1987	2.2201	0.3466	0.4362	0.0187	0.2091	3.2308	0.3877	2.8431	-1.0950
1988	2.1724	0.3316	0.4268	0.0183	0.2046	3.1538	0.3785	2.7753	-1.0830
1989	2.1479	0.3288	0.4220	0.0181	0.2023	3.1192	0.3743	2.7449	-0.5162
1990	2.1057	0.3251	0.4137	0.0178	0.1984	3.0607	0.3673	2.6934	0.1378
1991	2.0992	0.3402	0.4125	0.0177	0.1977	3.0673	0.3681	2.6992	0.4938
1992	2.0944	0.3508	0.4115	0.0177	0.1973	3.0718	0.3686	2.7032	0.4828
1993	2.0875	0.3538	0.4102	0.0176	0.1966	3.0657	0.3679	2.6978	0.4573
1994	2.0766	0.3617	0.4080	0.0175	0.1956	3.0594	0.3671	2.6922	0.6044
1995	2.0665	0.3678	0.4060	0.0174	0.1947	3.0525	0.3663	2.6862	0.9463
1996	2.0493	0.4332	0.4027	0.0173	0.1930	3.0954	0.3715	2.7240	1.2081
1997	2.0355	0.4873	0.3999	0.0172	0.1917	3.1316	0.3758	2.7558	1.6027
1998	2.0340	0.4678	0.3997	0.0172	0.1916	3.1102	0.3732	2.7370	1.9575
1999	2.0267	0.4731	0.3982	0.0171	0.1909	3.1061	0.3727	2.7333	2.1576
2000	2.0584	0.4055	0.4045	0.0174	0.1939	3.0797	0.3696	2.7101	2.7407
2001	2.0386	0.3690	0.4006	0.0172	0.1920	3.0174	0.3621	2.6553	2.1234
2002	2.0065	0.3140	0.3943	0.0169	0.1890	2.9206	0.3505	2.5702	1.5213
2003	1.9922	0.2699	0.3914	0.0136	0.1877	2.8548	0.3426	2.5123	2.3203
2004	1.9302	0.2909	0.3886	0.0135	0.1863	2.8095	0.3371	2.4724	3.4585
2005	1.9292	0.2940	0.3900	0.0142	0.1870	2.8144	0.3377	2.4767	5.1918
2006	1.9010	0.2993	0.3844	0.0140	0.1843	2.7830	0.3340	2.4490	7.4127
2007	1.8616	0.2960	0.3765	0.0117	0.1814	2.7273	0.3273	2.4000	11.4238
2008	1.8416	0.3091	0.3739	0.0136	0.1795	2.7177	0.3261	2.3915	21.8261

以 1981 年—2008 年的锡林郭勒盟统计年鉴资料为数据源^[37]

产量因子是一个可比面积参数。①锡林郭勒盟耕地的产量因子是根据 1981—2008 年每年粮食的平均产量与全球平均产量比较,得出 28 a 的产量因子的平均数 0.5229。因锡林郭勒盟气候干旱、寒冷,不适宜农作物生长,全盟平均只有 2000 多公顷耕地,耕地的产量因子偏低。建筑用地多数是由耕地转化而来的,所以产量因子相同;②我国天然草地主要是北方的温带草原,锡林郭勒草原是我国典型草原的主体,草地的产量因子可按我国草地的产量因子,取值 0.19;③林地、水域的产量因子则按国家生态足迹的计算取值,分别为 0.91 和 1.00。④由于目前大多数地区没有专门设置用于吸收 CO₂ 的功能性土地,所以化石能源用地的产量因子为 0。

3 研究结果

3.1 人均生态足迹分析

锡林郭勒盟在 1981 年到 2008 年间,人均生态足迹逐年增加,从 1.0868 hm²到 24.2176 hm²(表 1),增加

了 20 多倍。从生态足迹的组分来看,化石能源用地和草地的生态足迹最大。

化石能源的人均生态足迹变化幅度最大,1981 年到 2003 年间,其值都在 1 hm^2 左右,之后大幅增加,2008 年达到 19.7772 hm^2 。同时,化石能源组分所占比例也逐渐增大,1981 年仅为 18.38%,2003 年为 25.85%,2008 年时已高达 81.67%,在人均生态足迹中占主导地位,是产生生态赤字的主要影响因素。

草地人均生态足迹平均为 2.3150 hm^2 ,变化较缓,但仍占到很大比例,1981 占 70.14%,2000 年仍占 72.62%(表 1)。但在 2000 年以后,由于化石能源组分的贡献逐年增加,草地所占比例开始下降,2008 年仅占 14.03%。生态足迹的变化显示了目前锡林郭勒盟经济的发展由畜牧业转向工业,处于一种高消耗自然资本存量的发展模式。

3.2 人均生态承载力分析

人均生态承载力由 1981 年的 3.1565 hm^2 减少为 2008 年的 2.3915 hm^2 ,下降了 24%。草地对人均生态承载力的贡献最大,占人均生态承载力很大比例,1981 年(2.4137 hm^2)占人均总生态承载力的 76.47%,2008 年(1.8416 hm^2)仍占到 77.01%。人均生态承载力逐渐减少,已无法承载快速增长的人均生态足迹,生态系统的不稳定性日渐增加。

3.3 生态盈余与生态赤字

近 30 a,研究区域经历了生态盈余和生态赤字两个阶段。1981 年到 1989 年,为生态盈余,盈余从 1981 年的 2.0697 hm^2 减少到 1989 年的 0.5162 hm^2 ;第 2 个阶段,从 1990 年到现在为生态赤字,生态赤字急剧增加,2008 年为 21.8261 hm^2 。现在,生态足迹已经远远超过了生态承载力,生态赤字明显。

4 讨论

4.1 工业化和城镇化对锡林郭勒盟生态足迹和生态承载力的影响

以锡林郭勒盟为代表的半干旱草原区,生态足迹的上升与工业化、城镇化相联系。市场对资源的强烈需求以及自身经济发展的需要导致了区域的快速工业化,而工业化使得能源消费迅速增加和城镇化快速发展,再加上生物资源消费快速增加,使得生态足迹逐年显著升高。

最大的生态赤字来自于化石能源用地和草地。锡林郭勒盟工业发展迅速,开矿的企业逐年增加,开采量逐年加大,大大增加了人均生态足迹,其中,影响最大的是原煤的产量,1981 年煤的产量仅为 38 万 t,在 2003 年为 198.48 万 t,而到了 2008 年已达到了 2118.05 万 t,大规模的煤炭资源开发,对该区域的生态环境造成了很大的压力。而且化石能源的开采为锡林郭勒盟带来巨大经济效益的同时,也对草原造成了很大的破坏,最直接的影响就是占用土地、损毁植被、土层剥落和废弃物就地堆存,加剧了草地的退化过程;例如,西乌旗白音华四号露天矿在前期建设中就破坏和占用天然草地 403.22 km^2 ^[38]。

草地在最初几年有盈余,在 1995 年之后就出现生态赤字,并达到 1.5571 hm^2 。草地是生态承载力的主体,畜产品尤其是反刍动物产品消费的快速增加,与草地供给能力之间的矛盾日益突出,受利益的驱使,长期过度放牧加大了对草地生态功能的损害。对草地的过度利用,加上多年来的粗放型经营,使草地环境条件变得更加脆弱,草原可利用面积出现萎缩,草地供给能力减弱,降低了草地的承载力。

另外,经济的发展加速了城镇化过程,使得居民及交用地、工矿用地面积增加,加大了对草地的占用,使有限的草原利用起来更加紧张。

4.2 锡林郭勒盟生态足迹和生态承载力与全国及其它地区的比较

锡林郭勒盟的发展在草原区极具代表性,受矿业开发影响,生态足迹明显增加。对照全国情况^[39],锡林郭勒盟人均生态足迹与全国人均生态足迹的差距逐渐加大(图 1),2001 年中国人均生态足迹为 1.4100 hm^2 ,而锡林郭勒盟人均生态足迹已达到 4.7787 hm^2 ,远大于全国。图中,2001 年以后锡林郭勒盟人均生态足迹也将大于全国,虽然锡林郭勒盟人均生态承载力高于全国(因其地广人稀),但是生态赤字却远远大于全国^[39]。和其它草原区如呼伦贝尔市^[29]、乌审旗^[40]、科尔沁左翼后旗^[41]、巴彦淖尔市^[42]、宁夏盐池县盐滩村^[43]、宁夏西吉县^[44]、新疆阜康市^[45]相比,锡林郭勒盟的人均生态足迹均高于这些地区相应年份的值。例如锡林郭勒

盟 1981 年人均生态足迹为 1.0868 hm^2 , 2004 年为 4.8326 hm^2 , 其均高于阜康市相应的 1981 年 (1.0662 hm^2)、2004 年 (3.0458 hm^2); 而锡林郭勒盟在对应年份的生态赤字也远远大于这些地区。

相比之下, 锡林郭勒盟对资源的掠夺非常严重, 通过消耗自然资本存量来获得当前的发展和弥补生态供给的不足^[46], 虽然经济发展迅速, 人口生活水平提高很大, 但是对区域生态系统造成了很大的压力, 已超出了自然生态系统的承载力范围, 使得生态足迹与生态承载力之间的矛盾加剧, 总体生态安全形势日趋严峻, 应引起重视。

4.3 锡林郭勒盟生态承载与可持续发展问题

地处半干旱草原区的锡林郭勒盟, 生态条件恶劣, 生态系统的调节机制极其脆弱, 对人为活动的扰动因素不仅敏感, 而且自我修补的功能较低。近几年锡林郭勒盟大幅提升当地工业能耗产品的生产量, 使得草地和农耕地的承载能力下降, 总人均承载力也持续下降, 生态赤字加剧; 锡林郭勒盟生态承载与可持续发展问题体现在多个方面, 主要表现为第一, 工业发展较快, 反哺畜牧业却明显不足。2008 年全盟财政支出投入畜牧业生产领域的为 4 亿元, 仅占财政总支出的 5%^[38]; 第二, 很多地区的工业化之路非常粗放, 起点低、污染重、破坏性强的开发项目较为普遍, 对草原生态系统的破坏性影响深远; 第三, 畜牧业自身工业化、产业化、规模化程度低, 牧业产业化经营规模与畜牧业资源不成比例; 第四, 近年来, 草地完成承包经营和土地使用权性质的改变, 调动了牧民的生产积极性, 却加剧了对草地的掠夺性经营。

锡林郭勒盟的发展历程反映了半干旱草原区工业化发展和城镇化扩张导致的能源消费和生态赤字加剧的一个基本过程。在锡林郭勒盟近 30 a 的发展过程中, 工业化、城镇化的带动和刺激下, 草地消费需求急剧增加, 导致草地掠夺经营的现状愈演愈烈, 草地承载力下降, 草地脆弱性加剧, 生态风险逐渐向草地倾斜, 已构成该区域可持续发展的最大障碍因素^[47], 如何协调工业化、城镇化发展和草地退化之间的矛盾, 是锡林郭勒盟能否可持续发展的一个关键问题。

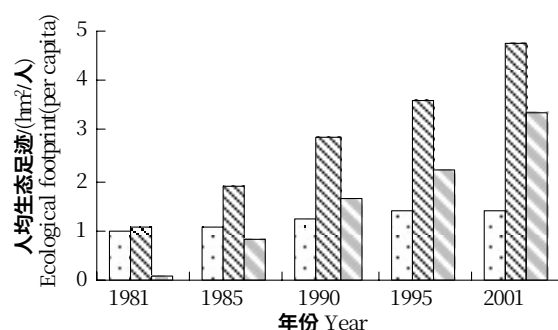


图1 中国与锡林郭勒盟历年人均生态足迹对比

Fig.1 Comparison of ecological footprint (per capita) between China and Xilinguole league in different years

References:

- [1] Fu B J, Chen L D, Ma C. The index system and method of land sustainable use evaluation. *Journal of Natural Resources*, 1997, 12(2): 112-118.
- [2] Xu L F, Yang X L, Wang K L, Li X Q, Zhang M Y. Research progress in ecological carrying capacity. *Ecology and Environment*, 2006, 15(5): 1111-1116.
- [3] Mao H Y, Yu D L. A study on the quantitative research of region carrying capacity. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 16(4): 549-555.
- [4] Schaeffer D J, Henricks E E, Kerster H W. Ecosystem health I. Measuring ecosystem health. *Environmental Management*, 1988, 12(4): 445-455.
- [5] Costanza R, Daly H. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 1992, 6(1): 37-46.
- [6] Wackernagel M, Rees W E, Testmale P. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth* (New Catalyst Bioregional Series). Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [7] Wu L J, Yang L, Su X, Xu J M. Advances in ecological footprint. *Journal of China Agricultural University*, 2006, 11(3): 1-8.
- [8] Van Vuuren D P, Smeets E M W. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. *Ecological Economics*, 2000, 34(1): 115-130.
- [9] Haberl H, Erb K H, Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926 - 1995. *Ecological Economics*, 2001, 38(1): 25-45.
- [10] Patterson T M, Niccolucci V, Bastianoni S. Beyond "more is better": ecological footprint accounting for tourism and consumption in Val di Merse, Italy. *Ecological Economics*, 2007, 62(3/4): 747-756.
- [11] Xu Z M, Zhang Z Q, Cheng G D. The calculation and analysis of ecological footprints of Gansu province. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5): 607-616.

- [12] Xu Y Q. Evaluation of ecological carrying capacity based on ecological footprint model in Beijing. *Resources Science*, 2007, 29 (5): 37-42.
- [13] Jiang D M, Li X L, Liu Z M. Study on the ecological footprints over Horqin Sandland — a case study in Wengniut Banner, Inner Mongolia. *Arid Zone Research*, 2004, 21 (3): 263-268.
- [14] Xu Z M, Zhang Z Q, Cheng G D, Chen D J. Ecological footprint calculation and development capacity analysis of China in 1999. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14 (2): 280-285.
- [15] Li J P, Wang Z S. The analysis of ecological footprints of Macao in 2001. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18 (2): 197-203.
- [16] Liu Y N. Application of ecological footprint theory in eco-city planning: a case study in Haikou City. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27 (5): 2012-2020.
- [17] Cai H S, Zhu D H, Zhang X L, Zhao X M. Dynamics analysis of the ecological capacity in Po-yang Lake Nature Reserve based on RS and GIS. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27 (11): 4751-4757.
- [18] Hu M C, Zhang Y C, Miu X B, Shen W S, Ma R H. Preliminary study on ecological footprint in Bashang region of Zhangjiakou City. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14 (2): 317-320.
- [19] Dong C S, Chen D L, Dong M H, Zou D S, Xiong Y. Forecasting system for ecological carrying capacity of Wulingyuan Scenic Spot based on ANN. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27 (11): 4766-4776.
- [20] Gu X W, Wang Q, Li G J, Wang J. Application of ecological footprint in sustainable development of universities in Shenyang. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*, 2006, 27 (7): 823-826.
- [21] Li B, Zhang J Q, Quan J M. The research on enterprise's ecological footprint and ecological efficiency. *Environmental Engineering*, 2007, 25 (6): 85-88.
- [22] Li D B, Jin Y. Study on sustainability of household resources consumption on the basis of ecological footprints. *Journal of East China University of Science and Technology (Social Science Edition)*, 2005, 20 (2): 39-44.
- [23] Liu D X, Zhang B B, Lu X S. Progress and prospect on ecological carrying capacity in grassland. *Chinese Journal of Grassland*, 2007, 29 (1): 91-97.
- [24] Ren J Z. Summary of grassland agriculture ecosystem // Ren J Z. *Grassland Agricultural Ecology*. Beijing: Agricultural Press, 1995: 9-18.
- [25] Carey D I. Development based on carrying capacity: a strategy for environmental protection. *Global Environmental Change*, 1993, 3 (2): 140-148.
- [26] Deng B, Hong F Z, Gao H W. A new subject of the studies on sustainable development of grassland region: ecological carrying capacity. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2003, 25 (5): 507-512, 516.
- [27] Ren J Z, Hou F J, Zhang Z H. Developing grassland agriculture and advancing sustainable development in western china. *Advance in Earth Sciences*, 2000, 15 (1): 19-24.
- [28] Yang Q, Li J L, Zhao W Y, Gan X Y, Huang J S. Analysis of ecological deficit and cause in grassland of Fukang, Xinjiang. *Chinese Journal of Grassland*, 2008, 30 (3): 8-13.
- [29] Li X F. Ecological footprints analysis of sustainable development of Hulunbeir city, Inner Mongolia in 2005. *Commercial Research*, 2008, (10): 114-118.
- [30] Xilinguole League Statistic Bureau. *Xilinguole League Glorious 60 years*. Xi'an: Xi'an HeXin Statistic Date Printing, 2008.
- [31] Wang Y M, Shang J C. Application of ecological footprint analysis method to quantitative assessment of sustainable development — a case study of Jilin in 2002. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2006, 20 (1): 146-150.
- [32] Zhang K M. *Evaluation and Index System of Ecological City*. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [33] Liu N F, Yao R Z, Liu R, Song W W. Ecological carrying capacity and tourism sustainability based on ecological footprint analysis. *Environmental Science and Technology*, 2005, 28 (5): 95-97.
- [34] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Linares A C, Falfán I S L, García J M, Guerrero A I S, Guerrero M G S. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, 29 (3): 375-390.
- [35] Wackernagel M, Onisto L, Linares A, Falfán I, García J, Guerrero A, Guerrero M G. *Ecological Footprints of Nations: How much nature do they use? How much nature do they have?* // Commissioned by the Earth council for the Rio+5 Forum. Toronto: International Council for Local Environmental Initiatives, 1997.
- [36] Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D, Chen D J. The ecological footprints of the 12 Provinces of west China in 1999. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56 (5): 599-610.
- [37] Xilinguole League Statistic Bureau. *Xilinguole League Statistic Almanac in 1981 — 2009*. Xi'an: Xi'an HeXin Statistic Date Printing, 1981-2009.
- [38] Studying Team of People's Bank of China of Xilinguole League Central Branch. Investigation of animal husbandry development in the context of the industrialization: taking Xilinguole league as a case of study. *Inner Mongolia Banking Research*, 2009, (4): 30-32.
- [39] Liu Y H, Peng X Z. Time series of ecological footprint in China between 1962—2001: calculation and assessment of development sustainability. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (10): 2257-2262.
- [40] Xu B, Guo K Z, Si S Y, Zhao P C. Calculation and analysis of ecological carrying capacity in drouthy pasturing area. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21 (1): 44-46.
- [41] Liang J Y, Hao C Y, Xing E D. Ecological footprint calculation and analysis of Keerqin left wing and behind banner Inner Mongolia in 2001. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 2004, 25 (3): 24-28.
- [42] Cheng Y. *Analysis of Ecological Environment and Construction of Ecological Security Pattern in Bayannaoer*. Huhhot: Inner Mongolia Institute of

Agriculture, 2008.

- [43] Yan Y P, Chen G D, Wu B, Zhang Y Q, Wang W T. Ecological footprint analysis of Guan tan Village in Yanchi County of Ningxia in 2006. *Protection Forest Science and Technology*, 2009, (1): 27-29, 108.
- [44] Ma C H, Zhao X G, Lan Y X, Yang L H. Study on sustainable ecological and economic development in county-scale regions based on ecological footprint theory — a case study in Xiji County, Ningxia Hui Autonomous Region. *Arid Zone Research*, 2006, 23(2): 359-363.
- [45] Zhao W Y, Li J L, Chen Y N. Changes of eco-capacity and ecological sustainability in the north Tianshan Mountains region: taking Fukang county as a case of study. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9): 4363-4371.
- [46] Long A H, Zhang Z Q, Su Z Y. Review of progress in research on ecological footprint. *Advance in Earth Sciences*, 2004, 19(6): 971-981.
- [47] Cao Y J, Li X C, Yuan H J, Ye L G. The transformation of ideas of ecological compensation mechanism under sustainable development perspective: taking grassland ecological compensation in Xilinguole League as an example. *Chinese Journal of Grassland*, 2009, 31(6): 8-13.

参考文献:

- [1] 傅伯杰, 陈利顶, 马诚. 土地可持续利用评价的指标体系与方法. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 112-118.
- [2] 许联芳, 杨勋林, 王克林, 李晓青, 张明阳. 生态承载力研究进展. *生态环境*, 2006, 15(5): 1111-1116.
- [3] 毛汉英, 余丹林. 区域承载力定量研究方法探讨. *地球科学进展*, 2001, 16(4): 549-555.
- [7] 吴隆杰, 杨林, 苏昕, 徐建明. 近年来生态足迹研究进展. *中国农业大学学报*, 2006, 11(3): 1-8.
- [11] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析. *地理学报*, 2000, 55(5): 607-616.
- [12] 许月卿. 基于生态足迹的北京市土地生态承载力评价. *资源科学*, 2007, 29(5): 37-42.
- [13] 蒋德明, 李晓兰, 刘志民. 科尔沁沙地生态足迹分析——以内蒙古翁牛特旗为例. *干旱区研究*, 2004, 21(3): 263-268.
- [14] 徐中民, 张志强, 程国栋, 陈东景. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 280-285.
- [15] 李金平, 王志石. 澳门 2001 年生态足迹分析. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 197-203.
- [16] 刘云南. 生态足迹理论在生态市建设规划中的应用——以海口市为例. *生态学报*, 2007, 27(5): 2012-2020.
- [17] 蔡海生, 朱德海, 张学玲, 赵小敏. 鄱阳湖自然保护区生态承载力. *生态学报*, 2007, 27(11): 4751-4757.
- [18] 胡孟春, 张永春, 缪旭波, 沈渭寿, 马荣华. 张家口市坝上地区生态足迹初步研究. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 317-320.
- [19] 董成森, 陈端吕, 董明辉, 邹冬生, 熊鹰. 武陵源风景区生态承载力预警. *生态学报*, 2007, 27(11): 4766-4776.
- [20] 顾晓薇, 王青, 李广军, 王军. 应用生态足迹指标对沈阳市高校可持续发展的研究. *东北大学学报(自然科学版)*, 2006, 27(7): 823-826.
- [21] 李兵, 张建强, 权进民. 企业生态足迹和生态效率研究. *环境工程*, 2007, 25(6): 85-88.
- [22] 李定邦, 金艳. 基于生态足迹模型的家庭资源消费可持续性研究. *华东理工大学学报(社会科学版)*, 2005, 20(2): 39-44.
- [23] 刘东霞, 张兵兵, 卢欣石. 草地生态承载力研究进展及展望. *中国草地学报*, 2007, 29(1): 91-97.
- [24] 任继周. 草地农业生态系统概述//任继周主编. *草地农业生态学*. 北京: 中国农业出版社, 1995: 9-18.
- [26] 邓波, 洪继曾, 高洪文. 草原区域可持续发展研究的新方向——生态承载力. *吉林农业大学学报*, 2003, 25(5): 507-512, 516.
- [27] 任继周, 侯扶江, 张自和. 发展草地农业推进我国西部可持续发展. *地球科学进展*, 2000, 15(1): 19-24.
- [28] 杨齐, 李建龙, 赵万羽, 干晓宇, 黄家生. 新疆阜康市草地生态赤字及成因分析. *中国草地学报*, 2008, 30(3): 8-13.
- [29] 李雪峰. 内蒙古呼伦贝尔市 2005 年可持续发展的生态足迹分析. *商业研究*, 2008, (10): 114-118.
- [30] 锡林郭勒盟统计局编. *锡林郭勒辉煌 60 年*. 西安: 西安合鑫统计资料印刷厂, 2008 年.
- [31] 王玉梅, 尚金城. 生态足迹分析法在可持续发展定量中的应用——以吉林省 2002 年生态足迹分析为例. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(1): 146-150.
- [32] 张坤民. *生态城市评估与指标体系*. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [33] 刘年丰, 姚瑞珍, 刘锐, 宋巍巍. 基于 EFA 的旅游景区生态承载力及可持续发展. *环境科学与技术*, 2005, 28(5): 95-97.
- [36] 张志强, 徐中民, 程国栋, 陈东景. 中国西部 12 省(区)市的生态足迹. *地理学报*, 2001, 56(5): 599-610.
- [37] 锡林郭勒盟统计局编. *锡林郭勒统计年鉴 1981—2009 年*. 西安: 西安合鑫统计资料印刷厂, 1981—2009 年.
- [38] 中国人民银行锡林郭勒盟中心支行课题组. 工业化背景下畜牧业发展问题调查——以锡林郭勒盟为例. *内蒙古金融研究*, 2009, (4): 30-32.
- [39] 刘宇辉, 彭希哲. 中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估. *生态学报*, 2004, 24(10): 2257-2262.
- [40] 徐冰, 郭克贞, 思世勇, 赵培成. 干旱牧区乌审旗生态承载力的计算与分析. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(1): 44-46.
- [41] 梁继业, 郝翠晔, 邢恩德. 内蒙古科尔沁左翼后旗 2001 年生态足迹计算与分析. *内蒙古农业大学学报*, 2004, 25(3): 24-28.
- [42] 程岩. 巴彦淖尔市生态状况分析与生态安全格局构建. 呼和浩特市: 内蒙古农业大学, 2008.
- [43] 闫艳平, 陈国栋, 吴斌, 张宇清, 王炜彤. 宁夏盐池县官滩村 2006 年生态足迹分析. *防护林科技*, 2009, (1): 27-29, 108.
- [44] 马彩虹, 赵先贵, 兰叶霞, 杨丽惠. 基于生态足迹的县域生态经济可持续发展研究——以宁夏西吉县为例. *干旱区研究*, 2006, 23(2): 359-363.
- [45] 赵万羽, 李建龙, 陈亚宁. 天山北坡区域生态承载力与可持续发展——以阜康市为例. *生态学报*, 2008, 28(9): 4363-4371.
- [46] 龙爱华, 张志强, 苏志勇. 生态足迹评介及国际研究前沿. *地球科学进展*, 2004, 19(6): 971-981.
- [47] 曹叶军, 李笑春, 袁海军, 叶立国. 可持续发展视野下生态补偿机制的理念转变——以锡林郭勒盟草地生态补偿为例. *中国草地学报*, 2009, 31(6): 8-13.

CONTENTS

Marine ecological capital: valuation of standing stock of marine living resources	REN Dachuan, CHEN Shang, XIA Tao, et al (4805)
Effect of Endophytic fungi on growth and photosynthetic characteristics of <i>Achnatherum sibiricum</i>	JIA Tong, REN Anzhi, WANG Shuai, et al (4811)
Based on image processing technology estimating leaves stomatal density of <i>Populus euphratica</i> and analysis of its ecological significance	JIAN Shengqi, ZHAO Chuanyan, ZHAO Yang, et al (4818)
Evaluation of the ecological instream flow in the Yellow River basin with hydrological alterations	ZHANG Qiang, LI Jianfeng, CHEN Xiaohong, et al (4826)
The ecological effects of <i>Suaeda salsa</i> on repairing heavily degraded coastal saline-alkaline wetlands in the Yellow River Delta	GUAN Bo, YU Junbao, LU Zhaohua, et al (4835)
Toxicity risks to the closed tidal flat ecosystem of a PCBs waste savepoint at the coast of Zhejiang	HE Shanying, CHEN Kunbai (4841)
Methane emission from a <i>Carex</i> -dominated wetland in Poyang Lake	HU Qiwu, ZHU Lili, XING Ruixin, et al (4851)
The study on Ice-fish Resources in the Three Gorges Reservoir	SHAO Xiaoyang, LI Daofeng, TAN Lu, et al (4858)
Effects of acute cold stress on serum biochemical and immune parameters and liver HSP70 gene expression in GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	LIU Bo, WANG Meiyao, XIE Jun, et al (4866)
Acute toxicity and effect of Cd ²⁺ on life table demography of <i>Brachionus angularis</i> and <i>Keratella valga</i>	XU Dandan, XI Yilong, MA Jie, et al (4874)
The association of BDNF gene polymorphisms with normal behavior traits in house-hold sika deer (<i>Cervus nippon</i>)	LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (4881)
Characteristics and controlling factors of photosynthesis in a maize ecosystem on the North China Plain	TONG Xiaojuan, LI Jun, LIU Du (4889)
The soil macrofaunal community structure under a long-term fertilization in wheat field	GU Yanfang, ZHANG Li, DING Shengyan, et al (4900)
Effect of earthworms on the photosynthetic characteristics of wetland plants and their capacity to purify wastewater	XU Defu, LI Yingxue, WANG Ranghui, et al (4907)
Toxicity of three pesticides and their effects on carboxylesterase activity of <i>Propiloscerus akamusi</i>	FANG Guofei (4914)
Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult <i>Zeuzera leuconotum</i> Butler (Lepidoptera: Cossidae)	LIU Jinlong, ZONG Shixiang, ZHANG Jintong, et al (4919)
Effects of herbicides stress on the population of alligator weed flea beetles, <i>Agasicles hygrophila</i> (Col.: Chrysomelidae) and corresponding strategies	LIU Yufang, PENG Meifang, WANG Chengchao, et al (4928)
Patterns of fruit and seed production and ecological significance in desert species <i>Eremosparton songoricum</i> (FABACEAE)	SHI Xiang, WANG Jiancheng, ZHANG Daoyuan, et al (4935)
Effect of different nitrogen supply on the temporal and spatial distribution and remobilization of canopy nitrogen in winter wheat under limited irrigation condition	HAO Baozhen, JIANG Lina, FANG Baoting, et al (4941)
Plant architecture characteristics of <i>Haloxylon ammodendron</i> and <i>Haloxylon persicum</i> in Zhungar Basin	WANG Lijuan, SUN Dongyuan, ZHAO Chengyi, et al (4952)
Downscaling land surface temperature based on relationship between surface temperature and vegetation index	NIE Jianliang, WU Jianjun, YANG Xi, et al (4961)
Differential characteristics of soil δ ¹⁵ N under varying vegetation in karst areas	WANG Zhijun, LIANG Xuan, HE Qiufang, et al (4970)
Effect of nitrogen application rate on growth and leaf photosynthetic characteristics of <i>Jatropha curcas</i> L. seedlings	YIN Li, HU Tingxing, LIU Yongan, et al (4977)
Seasonal variations in leaf C, N, and P stoichiometry of typical plants in the Yangou watershed in the loess hilly gully region	WANG Kaibo, SHANGGUAN Zhouping (4985)
Clonal integration enhances the ability to scavenge reactive oxygen species in root of <i>Cynodon dactylon</i> subjected to submergence	LI Zhaojia, YU Jie, FAN Dayong, et al (4992)
Pattern of flow-covered sand-fixing woodland and its windbreak effect	YANG Wenbin, DONG Huilong, LU Qi, et al (5000)
Evaluation of soil and water conservation capacity of different forest types in Dongling Mountain	MO Fei, LI Xuyong, HE Shuxia, et al (5009)
Changes in structural components and respiration rates of coarse woody debris at the initial decomposition stage for 11 temperate tree species	ZHANG Limin, WANG Chuankuan, TANG Yan (5009)
Characteristics of nutrient cycling in first and second rotations of Chinese fir plantations	TIAN Dalun, SHEN Yan, KANG Wenxing, et al (5025)
The optimal design of a connected nature reserve network	WANG Yicheng (5033)
Sub-areas compartmentalization of Changjiang Estuary based on the natural geographical characteristics	LIU Lusan, ZHENG Binghui, MENG Wei, et al (5042)
The environmental and economic influence of coal-electricity integration exploitation in the Xilingol League	WU Di, DAI Fangzhou, YAN Yan, et al (5055)
Review and Monograph	
The influence of diversity changes of ecological conditions on the survival of honey bees	HOU Chunsheng, ZHANG Xuefeng (5061)
Scientific Note	
The spatio-temporal change in the secondary production of macrozoobenthos in the intertidal zone of Jiaozhou Bay	ZHANG Chongliang, XU Binduo, REN Yiping, et al (5071)
The studying system construction of wetland parks	WANG Lilong, LU Lin (5081)
Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League	YANG Yan, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (5096)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 17 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 17 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元