

陕西省2001年生态足迹分析*

杨世琦, 孙兆敏, 冯永忠, 杨改河

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 对陕西省2001年生态足迹进行计算与分析结果表明, 陕西省2001年人均生态足迹为1.688 8 hm², 人均生态承载力为0.927 6 hm², 人均生态赤字为0.761 2 hm², 生态足迹是生态承载力的1.8倍。说明陕西省2001年生态系统承受着较大的压力, 这种压力主要来源于耕地足迹, 耕地生态赤字为0.491 9 hm²/人, 占总生态赤字的64.62%。

[关键词] 生态足迹; 生态承载力; 陕西省

[中图分类号] S181; Q146

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)09-0014-05

自Wackernagel等^[1,2]提出生态足迹的概念后, 关于生态足迹的理论体系及其在实践中应用的研究较多, 全世界许多国家和地区都相继利用生态足迹评价了人类自身对生态系统的影响, 生态足迹也因此成为评价国家和地区可持续发展的主要理论依据。1999年生态足迹的概念被引入我国, 张志强等^[3,4]、徐中民等^[5,6]在我国较早开展了有关此方面的研究工作。

生态足迹(Ecological footprint)是指维持某一地区人口所需的资源消费和废弃物消纳所必须的生物生产土地面积, 是人类为了维持自身生存而利用自然的数量来评估人类对生态系统的影响。生态足迹的形象化描述是“一只负载着人类与人类所创造的城市、工厂……如同巨脚踏在地球上留下的脚印”; 当地球所能提供的土地面积容不下这只“巨脚”时, 人类及人类所创造的城市、工厂就会失去平衡, 如果“巨脚”始终得不到一块允许其发展的立足之地, 地球生态系统所承载的人类文明将最终坠落、崩毁^[1]。

生态足迹的计算首先是确定某国家(地区)在某一时段消费的绝大多数资源、能源以及所产生废弃物的数量, 其次是将消废的资源和产生的废弃物折算成资源及消纳废弃物生产所需的生物生产面积。生物生产面积主要考虑化石能源用地、可耕地、林地、草地、建筑用地和水域等6个方面。其计算公式为

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum (aa_i) = N \cdot \sum (C_i/P_i),$$

$$\text{或 } EF = N \cdot [ef = \sum (aa_i) = \sum (C_i/P_i)].$$

式中, EF 为某国家(地区)总生态足迹; ef 为人均生态足迹; N 为人口数; aa_i 为人均消费品折算的生物生产土地面积, 其值为人均生态足迹(生态足迹的概念); C_i 为 i 种消费品的人均消费量; P_i 为 i 种消费品的平均生产能力, 一般用消费品的全球平均产量表示, 以便不同国家与地区之间相互比较, i 为消费品类型。

1 陕西省2001年生态足迹计算

陕西省2001年生态足迹计算由生物资源消费、能源消费和贸易调整3部分构成。

1.1 生物资源足迹

生物资源生产面积折算的具体计算, 采用联合国粮农组织1993年有关生物资源的世界平均产量^[4,7,8](主要是为了计算结果可以进行国家之间、地区之间的比较)。生物资源消费的计算方法为

$$EF_i = (P_i + I_i - E_i) / Y_{\text{average}},$$

式中, EF_i 是 i 种资源消费的足迹; P_i 为 i 种资源消费的总生产量; I_i 为 i 种资源消费的进口量; E_i 为 i 种资源消费的出口量; Y_{average} 是世界上 i 种生物资源的平均产量。陕西省2001年生态足迹见表1, 其中生产量数据来自陕西省统计年鉴(2002)。

* [收稿日期] 2004-02-26

[基金项目] 科技部重大项目“西北地区退耕还林还牧及调整农业结构战略研究”(2000-05-07); 国家自然科学基金项目(30170539); 西北农林科技大学青年基金项目

[作者简介] 杨世琦(1970-), 男, 陕西旬邑人, 讲师, 博士, 主要从事农业生态及农业区域发展研究。E-mail: shiqiyang@Tom.com

表1 陕西省2001年生态足迹计算中的生物资源帐户组分

Table 1 The ecological footprint ledger of the biotic resources of Shaanxi province in 2001

项 目 Category	全球平均 产量/(kg·hm ⁻²) Average yield	生产量/t Productive quantity	总生态 足迹/hm ² Total eco logical foot print	人均生态 足迹/hm ² Eco logical foot print per capita	足迹类型 Eco logical foot print category
粮食作物 Cereals	2 744	8 750 100	3 188 811. 953 0	0. 087 149 8	耕地 A rable land
稻谷 Rice	2 744	920 500	335 459. 183 7	0. 009 168 1	耕地 A rable land
小麦 Wheat	2 744	4 066 300	1 481 887. 755 0	0. 040 499 8	耕地 A rable land
玉米 Corn	2 744	3 528 100	1 285 750. 729 0	0. 035 139 4	耕地 A rable land
豆类 Legumes	1 856	196 000	105 603. 448 3	0. 007 887 8	耕地 A rable land
薯类 Potato and sweet potato	12 607	820 000	65 043. 229 9	0. 001 777 6	耕地 A rable land
油料 Oil crops	1 856	375 372	202 247. 844 8	0. 005 527 4	耕地 A rable land
油菜籽 Rapeseed	1 856	231 258	124 600. 215 5	0. 003 405 3	耕地 A rable land
棉花 Cotton	1 000	49 827	49 827. 000 0	0. 001 361 8	耕地 A rable land
麻类 Fiber plant	1 500	717	478 000 0	0. 000 013 1	耕地 A rable land
甜菜 Sugar beet	18 000	19 392	1 077. 333 3	0. 000 029 4	耕地 A rable land
烤烟 Flue-cured tobacco	1 548	62 913	40 641. 472 9	0. 001 110 7	耕地 A rable land
蔬菜 Vegetable	18 000	5 254 562	291 920. 111 1	0. 007 978 1	耕地 A rable land
水果 Fruit	18 000	4 887 870	271 548. 333 3	0. 007 421 4	耕地 A rable land
动物产品 Animal products					
猪肉 Pork	74	726 279	9 814 581. 081 0	0. 268 231 2	耕地 A rable land
牛肉 Beef	33	81 703	2 475 848. 485 0	0. 067 664 6	草地 Pasture
羊肉 Mutton	33	57 542	1 743 696. 970 0	0. 047 655 0	草地 Pasture
奶类 Milk	502	694 701	1 383 866. 534 0	0. 037 820 9	草地 Pasture
羊毛 Sheep's wool	15	4 896 68	326 445. 333 3	0. 008 921 7	草地 Pasture
禽蛋 Eggs	400	424 777	1 061 942. 500 0	0. 029 022 8	耕地 A rable land
水产品 Aquatic products	29	63 294	2 182 551. 724 0	0. 059 648 9	海域 Sea
林产品 Forest products					
油桐籽 Tung tree seed	1 600	13 003	8 126 875 0	0. 002 221 1	林地 Forest
核桃 Walnut	3 000	10 474	3 491. 333 3	0. 000 095 4	林地 Forest
板栗 Chinese chestnut	3 000	11 211	3 737. 000 0	0. 000 102 1	林地 Forest
花椒 Chinese prickly ash	945	16 471	17 429. 629 6	0. 000 476 3	林地 Forest
原木 Timber	1. 99 [*]	100 ^{**}	50 251 3	0. 000 001 4	林地 Forest
其他水果 Other fruit	3 500	49 430	14 122. 857 1	0. 000 385 9	林地 Forest
锯材 Wood	1. 30 [*]	2 400 ^{**}	1 846 153 8	0. 000 050 5	林地 Forest
纸板 (t) Paperboard	0. 53	28 300	533 962. 264 2	0. 014 593 1	林地 Forest
茶叶 Tea	566	6 273	11 083. 038 9	0. 000 000 3	林地 Forest

注: * 单位 m³/hm²; ** 单位 m³。资源来源于2002陕西省统计年鉴。

Note: * Unit m³/hm²; ** Unit m³. The data is from Shaanxi province statistics yearbook-2002

1.2 能源生态足迹

能源分为煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力,计算时将燃料的消费转化为化石能源生产土地面积,数据以世界上单位化石能源生产土地面积平均发热量为标准^[8],将当地能源消费所消耗的热量折算成化石能源用地面积(表2)。

1.3 贸易调整足迹

由于全球化贸易,生态足迹可以跨越界限,在生

物资源中应考虑贸易调整部分,生物资源消费调整将生物资源类型与生物生产面积类型配比就可以方便调整,能源贸易部分已在表2中做过调整,表3中仅列出生物资源的贸易调整结果,由于贸易数量小,故许多项目的生态足迹贸易调整很小。

1.4 生物生产面积

陕西省2001年生物生产面积的类型及数据见表4。

表2 陕西省2001年生态足迹计算中的能源帐户组分

Table 2 The ecological footprint's ledger of energy of Shaanxi province in 2001

燃料种类 Type of fuel	全球平均 能源足迹/ (GJ · hm ⁻²) A average ecological footprint of energy	折能系数/ (GJ · t ⁻¹) Convert coefficient	消费量/t Consumption	人均年 消费量/GJ A average consumption per capita	人均足迹/hm ² A average ecological footprint per capita	足迹类型 Category
原煤 Coal	55	20.934	-	-	-	-
原油 Oil	93	41.868	-	-	-	-
天然气 Gas	93	39.978	-	-	-	-
水电 Hydroelectricity	1 000	11.840	-	-	-	-
总能源(折算成标准煤) Total energy (standard coal)	55	20.934	30 343 400.00	17.360 173	0.315 639 5	化石能源用地 Fossil energy land

注:资源来源为陕西省统计年鉴2002。

Note: The data is from Shaanxi province statistics yearbook-2002.

表3 陕西省2001年生态足迹计算中的贸易调整部分

Table 3 The ecological footprint's ledger of trade balance of Shaanxi province in 2001

调整项目 Adjusted item	进口(+) Import	出口(-) Export
耕地 A rable land	0.000 000 0	0.001 600 0
林地 Forest	0.002 200 0	0.000 000 0
草地 Pasture	0.000 000 0	0.000 000 0
海域 Sea	0.000 000 0	0.000 000 0

注:资源来源为陕西省统计年鉴2002。

Note: The data is from Shaanxi province statistics yearbook-2002.

表4 陕西省2001年生物生产面积

Table 4 The biologically productive area of Shaanxi province in 2001

土地类型 Category	面积/万hm ² Area	占全省土地面积百分数/% Percent of total province area	人均面积/hm ² National area per capita
耕地 A rable land	529.4	25.72	0.144 7
林地 Forest	969.3	47.10	0.264 9
草地 Pasture	320.3	15.60	0.087 5
水域 Sea	40.2	1.95	0.011 0
建成地 Building land	83.4	4.05	0.022 8

2 生态足迹与生态承载力计算结果

表5是陕西省2001年生态足迹与生态承载力计算结果(通过把表1同足迹类型相加得到人均面积),生态足迹由需求与供给的生物土地面积(生态承载力)两部分构成。由于单位耕地面积、化石能源用地、草地、林地等生物生产能力差异很大,为使结果具有可比性,用每种生物生产面积乘以均衡因子将其转化成统一的生物生产面积,即均衡面积。表5中人均生态足迹的均衡面积,为人均面积乘以相应均衡因子,如耕地类型的人均均衡面积为 $0.4159 \text{ hm}^2 \times 2.8 = 1.1645 \text{ hm}^2$ 。在生态承载力上因各地区不同生物生产面积差异很大,在转化成生物生产面积时分别乘以产量因子,如陕西省耕地面积的产量因子取1.66,表明陕西省耕地的生物产出率是世界

平均水平的1.66倍^[8](根据Wackernagel对世界平均生态承载力计算值,对陕西省生态足迹取值),耕地类型的人均均衡面积就是人均真实面积、产量因子和均衡因子三者的乘积,即 $0.1447 \text{ hm}^2 \times 1.66 \times 2.8 = 0.6726 \text{ hm}^2$ 。人均生态足迹超过人均生态承载力时出现生态赤字(Ecological deficit),否则为生态盈余(Ecological surplus)。陕西省2001年人均生态足迹为 1.6888 hm^2 ,而实际总供给的人均生态承载力为 0.9276 hm^2 ,人均生态赤字 0.7612 hm^2 ,人均生态足迹是人均生态承载力的1.8倍。

由表5可以看出,陕西省2001年人均耕地生态足迹为 1.1645 hm^2 ,占人均生态足迹 1.6888 hm^2 的68.98%,人均化石能源用地生态足迹为 0.3472 hm^2 ,占人均生态足迹 1.6888 hm^2 的20.56%,耕地与化石能源的人均生态足迹占人均生态足迹的

89.54%, 而草地、林地、水域及建成地人均生态足迹仅占人均生态足迹的10.46%, 说明陕西省人民生活消费主要的土地类型是耕地和能源用地, 农业结构单一, 过份依赖种植业是造成生态环境压力的主要因素。陕西省2001年耕地生态赤字 $0.4919 \text{ hm}^2/\text{人}$, 草地生态赤字 $0.0728 \text{ hm}^2/\text{人}$, 林地生态盈余 0.245

$3 \text{ hm}^2/\text{人}$, 水域生态赤字 $0.0097 \text{ hm}^2/\text{人}$, 建成地生态盈余 $0.0420 \text{ hm}^2/\text{人}$, 化石能源生态赤字 $0.3472 \text{ hm}^2/\text{人}$, 总生态赤字 $0.7612 \text{ hm}^2/\text{人}$, 耕地生态赤字占总生态赤字的64.62%。由此可以看出, 耕地面积是造成生态环境压力的主要因素, 也是引起生态恶化和环境破坏的主要因素。

表5 陕西省2001年生态足迹与生态承载力计算结果

Table 5 Ecological footprint and ecological capacity of Shaanxi province in 2001

人均生态足迹 Ecological footprint per capita			
土地类型 Category	人均面积/ hm^2 National area per capita	均衡因子 Equivalence factor	人均均衡面积/ hm^2 Equivalence area per capita
耕地 A rable land	0.4159	2.8	1.1645
草地 Pasture	0.1621	0.5	0.0811
林地 Forest	0.0185	1.1	0.0199
水域 Sea	0.596	0.2	0.0119
建成地 Building land	0.0228	2.8	0.0638
化石能源用地 Fossil energy land	0.3156	1.1	0.3472
人均生态足迹 Ecological footprint per capita			1.6888
人均生态承载力 Ecological carrying capacity per capita			
土地类型 Category	产量因子 Yield factor	人均真实面积/ hm^2 Average area per capita	人均均衡面积/ hm^2 Equivalence area per capita
耕地 A rable land	1.66	0.1447	0.6726
草地 Pasture	0.19	0.0875	0.0083
林地 Forest	0.91	0.2649	0.2652
水域 Sea	1.00	0.0110	0.0022
建成地 Building land	1.66	0.0228	0.1058
CO ₂ 吸收 CO ₂ absorption land	0.00	0.0000	0.000
人均生态承载力 Ecological carrying capacity			1.0541
减去生物多样性保护面积 12% 12% for Biodiversity area			0.1265
总供给生态承载力 Utilizable ecological carrying capacity			0.9276

3 讨论

(1) 生态足迹在评价人类对生态环境的影响方面具有重要意义, 特别在比较不同国家和不同地区之间时有很强的可比性, 能够清楚反映人类生活消费方式对生态环境的压力。在确定生态足迹的足迹类型时, 对初级产品很容易分解在耕地、林地和草地中, 但对次级产品要清楚分解比较困难。这是由于不同国家和地区的次级生产过程差异较大, 例如对牛奶产品很难确定有多少来自耕地, 有多少来自草地或者林地, 对于饲料业发达的今天, 甚至还有骨粉、鱼粉等动物产品成分, 导致情况更加复杂, 在我国由于省(区)之间差异很大, 要处理好这个问题也很难。

(2) 生态足迹计算的基础是统计年鉴, 因此资料的准确性直接决定计算结果的可靠性。国家统计资

料很难全部和绝对真实反映市场贸易情况, 例如在计算陕西省生态足迹时, 省内市场贸易对生态足迹没有影响, 但各省之间市场贸易特别是民间贸易往往很难进入统计资料, 对于各省周边相接区域的频繁贸易更是如此, 目前对贸易把握比较清楚的是进出口贸易。

(3) 我国近几年人员流动频繁, 特别是落后省区向发达省区的流动, 依照现有资料在计算生态足迹时应该考虑这一重要因素, 否则将导致落后省区的生态足迹计算值小于真实值, 发达省区的生态足迹计算值大于真实值。

(4) 生存足迹是一种静态数据分析方法, 其计算结果不能反映未来发展趋势; 同时生态足迹侧重于生态消费和生态承载力, 对经济、社会、技术、环境和贸易等考虑不足。

(5)生态足迹反映了生态消费状况,生态足迹越大对生态环境的影响越大,也就越容易造成生态环境破坏;反之生态足迹越小,说明人类与环境之间的矛盾越小。另外生态足迹也反映了人们的生活水平,

要减小生态足迹同时又不降低生活水平,只有高效利用现有的资源或改变人们的生产和生活消费方式,这是保护生态环境的重要途径,也是实现可持续发展的重要途径。

[参考文献]

- [1] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth [M]. Gabriola Island, Bc Canada: New Society Publishers, 1996 61- 83
- [2] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. Ecological Economics, 1999, 29(3): 375- 390
- [3] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型评价[J]. 生态经济, 2000, (10): 8- 10
- [4] 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
- [5] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省1998年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 607- 616
- [6] 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, 14(2): 280- 285
- [7] 李金平, 王志石. 澳门2001年生态足迹分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 197- 203
- [8] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al Ecological footprints of nations[Z]. Toronto: International Council for Local Environment Initiatives, 1997. 10- 21.

A nalysis of ecological footprints of Shaanxi province in 2001

YANG Shi-qi, SUN Zhao-min, FENG Yong-zhong, YANG Gai-he

(College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The ecological footprint is useful for measuring the impact of human's consumption on ecosystem. The ecological footprints of Shaanxi province in 2001 are calculated in this paper and the result is: the ecological footprint of Shaanxi province is 1.6888 hm^2 per capita, the ecological carrying capacity of Shaanxi province is 0.9276 hm^2 per capita, the ecological deficit of it is 0.7612 hm^2 per capita, the ecological footprint of Shaanxi province is 1.8 times of its ecological carrying capacity. The fact states clearly that the ecosystem endures more pressure, the pressure is mainly from the ecological footprint of farmland, the ecological deficit of farmland is 0.4919 hm^2 per capita, 64.62 percent of the total ecological deficit.

Key words: ecological footprint; ecological carrying capacity; Shaanxi province