

基于生态足迹法的榆林市生态重建研究

丁金梅, 延军平, 文琦, 李环娇, 陈锋, 孙亚军

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 运用生态足迹法模型计算了榆林市 1995~2004 年生态足迹的动态变化。结果表明: 研究时段内榆林市人均生态足迹由 0.5274 hm^2 上升至 0.8066 hm^2 , 增长率达 52.95%, 生态足迹构成变化显著; 生态承载力由 1.0065 hm^2 降至 0.7560 hm^2 ; 生态盈余由 0.4791 hm^2 降至 0.0388 hm^2 , 2002 年出现生态赤字并不断上升, 处于弱不可持续发展状态。分析发现: 榆林市生态赤字非人均消费过高, 而是由于区域生态供给能力薄弱、人口超载、资源利用效率低和土地利用处于转型期所致。依据生态供需变化特征和原因分析, 提出榆林市生态重建的有效途径是: 提高耕地单产, 发展高效林草业, 治理“三化土地”; 区外调入资源, 调整能源结构, 提高资源利用率; 集约利用土地, 引导劳动力有序转移。

关键词: 生态足迹; 生态重建; 可持续发展; 榆林市

中图分类号: S-0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0200-06

伴随着全球人口、资源、环境问题的日益复杂化和严峻化, 科学地评估人类对自然资源的压力状况和区域可持续发展程度变得尤为重要。生态足迹法通过定量测定人类消费的自然资产和自然提供资源供给之间的差距, 来确定人类的发展是否持续。该理论因内涵丰富、角度新颖被广泛应用于全球^[1,2]、国家^[3~5]、区域^[6,7]、行业^[8,9]等的可持续发展研究中。

榆林市位于陕西省北部, 由于历史上长期过度放牧垦殖, 自然生态严重退化, 土地沙化和水土流失严重, 成为贫困与环境脆弱的一致分布区, 人地关系矛盾突出。严重脆弱化的生态环境不仅制约当地经济发展, 也危及到华北平原等地的生态安全。为扭转生态恶化状况, 榆林市在“西部大开发”政策推动下于 1999 年全面启动退耕还林草工程以实现生态重建。本文拟运用生态足迹法研究榆林地区自然资源利用变化状况, 分析区域生态消费结构特征和自然资源管理模式, 了解黄土高原地区植被恢复初期生态供需现状, 以期对榆林市乃至黄土高原地区生态重建起一定的参考作用。

1 方法与数据

1.1 理论原理

生态足迹理论是由加拿大生态经济学家 William 和其博士生 Wackernagel 于 20 世纪 90 年代提出, 指特定区域能够持续地提供资源或消纳废弃

物的具有生物生产力的地域空间。该模型将人类消费的物质和能源按一定比例折算成相应的生物生产土地面积, 包括: 耕地、林地、草地、化石能源地、建筑用地和水域等 6 种类型。由于不同类型土地生产力差异引入均衡因子; 在生态承载力计算中, 因不同区域同类土地生产力不同而引入产量因子, 即某区域某类土地平均生产力与世界同类土地平均生产力的比率。生态足迹和生态承载力的计算公式分别为: $EF = N \sum (C_i / P_i) \times r_j$; $BC = N \sum (A_j \times y_j \times r_j)$ 其中, N 为人口数; C_i 为第 i 种消费类目的年人均消费量; P_i 为世界年平均产量; r_j 为均衡因子; j 为生物生产性土地类型; A_j 为人均实际占有的生物生产性土地面积; y_j 为产量因子。当某区域生态足迹大于生态承载力时, 出现生态赤字, 表明区域发展超出了其生态容量, 处于相对不可持续状态; 反之, 区域发展模式是可持续的。

1.2 数据和参数

文中主要数据引用《榆林市统计年鉴》(1995~2004 年)^[10]。计算类目包括生物资源消费和能源消费两部分。由于城乡消费结构差异, 年鉴上提供城市居民消费类目和农村居民消费类目不同, 参数选定略有差异: 城市居民采用了粮食、肉类、禽蛋类、瓜果、蔬菜、奶制品、水产品 and 酒类等七大类 14 种, 农村居民采用谷物、豆类、蔬菜、植物油、猪肉、羊肉、家禽、蛋类、奶制品、水产品、食糖、酒类等 12 个消费类目。依据城乡人口比例最后加权平均, 求得各类

收稿日期: 2007-04-20

基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“陕甘宁老区生态脱贫途径研究”(03jd770013); 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目“西部经济发展与生态环境重建研究”(04ZD00010)

作者简介: 丁金梅 (1982-), 女, 河南南阳人, 资源开发与环境治理方向研究生。E-mail: dzjdm@163.com

土地的生态足迹。能源消费计算分为:煤、液化气、原油、电力等类目,计算时将能源转化为化石能源地面积,采用世界单位化石能源土地的平均发热量为标准^[4,11],将消耗的能源折算成化石能源土地面积。文中,均衡因子采用世界各国生态足迹报告^[12]中所用数值:林地和化石能源地为1.14,耕地和建筑用地为2.82,草地为0.54,水域为0.22。计算生

态承载力时依据年鉴中提供的各种土地面积动态变化情况,耕地和林地的产量因子采用2000年榆林市粮食单产与全球单产的比值1.1,建筑用地多占用耕地,产量因子与耕地取值一样,人均建筑用地面积采用国家统一标准,其余土地类型产出因子依据中国生态足迹^[9]计算时取值:草地为0.19,林地为0.91,水域为1。

表1 榆林市人均生态足迹计算结果(hm²/人)Table 1 Ecological footprint of Yulin from 1995 to 2004(hm²/capital)

年份 Year	耕地 Farmland	草地 Pasture	林地 Forest	水域 Water area	建筑用地 Building land	化石能源 Fossil energy	总生态足迹 Total
1995	0.3748	0.0559	—	0.0009	0.0057	0.0901	0.5274
1996	0.3865	0.0834	0.0007	0.0009	0.0056	0.1870	0.6640
1997	0.3188	0.0928	0.0007	0.0008	0.0057	0.2125	0.6313
1998	0.3042	0.1434	0.0008	0.0011	0.0067	0.2549	0.7112
1999	0.3389	0.0973	0.0009	0.0014	0.0072	0.3177	0.7634
2000	0.3669	0.0949	0.0010	0.0020	0.0062	0.3433	0.8143
2001	0.3338	0.1031	0.0009	0.0022	0.0083	0.3518	0.8002
2002	0.3863	0.1067	0.0016	0.0098	0.0089	0.2543	0.7675
2003	0.2990	0.0905	0.0013	0.0027	0.0090	0.4104	0.8129
2004	0.3101	0.1025	0.0013	0.0023	0.0098	0.3806	0.8066

表2 榆林市人均生态承载力计算结果(hm²/人)Table 2 Biological capacity change of Yulin from 1995 to 2004(hm²/capital)

年份 Year	耕地 Farmland	草地 Pasture	林地 Forest	水域 Water area	建筑用地 Building land	总承载力 Total	扣除生物多样性土地 Except biodiversity land
1995	0.6307	0.0622	0.4190	0.0008	0.0310	1.1438	1.0065
1996	0.6249	0.0624	0.4304	0.0008	0.0310	1.1495	1.0115
1997	0.6157	0.0619	0.3478	0.0008	0.0310	1.0573	0.9304
1998	0.6098	0.0616	0.3457	0.0008	0.0310	1.0489	0.9230
1999	0.5881	0.0608	0.3416	0.0008	0.0310	1.0223	0.8997
2000	0.5398	0.0586	0.3289	0.0008	0.0310	0.9590	0.8439
2001	0.5365	0.0582	0.3269	0.0008	0.0310	0.9534	0.8389
2002	0.4518	0.0590	0.3252	0.0008	0.0310	0.8677	0.7636
2003	0.4455	0.0587	0.3235	0.0008	0.0310	0.8595	0.7564
2004	0.4443	0.0611	0.3219	0.0007	0.0310	0.8591	0.7560

2 榆林市 1995~2004 年生态足迹的计算

2.1 生态足迹动态变化

由计算(表1)可知:1995~2004年,榆林市人均生态足迹由0.5274 hm²上升至0.8066 hm²,增长率为52.9489%,其中增长量最多的是化石能源足迹,增长了0.2905 hm²,增长率为300.24%。水域、林地、草地、建筑用地的增长率分别为:158.94%、104.53%、83.48%和71.63%,耕地足迹呈明显减

少趋势,10年内人均减少了0.0648 hm²,2004年人均耕地足迹仅为1995年的82.72%。

生态足迹构成(图1)也发生了很大变化,耕地比例明显降低,在总生态足迹中所占比例由71.07%降至38.44%;化石能源比例由17.09%升至47.19%;草地、林地、水域和建筑用地所占组分有所增加,但在总的生态足迹中所占次序变动不大。生态足迹构成的变动反映了榆林市人口消费结构的变化,随着榆林市能源化工基地的建设和经济社会发展,能源消费的可达性和便捷性提高,需求量大大增

加。另外,生活水平的提高使饮食结构明显改变,人们对粮食作物的需求量大大降低,而对畜产品、奶制品、水产品等高营养食物的需求有所增多,因此耕地足迹下降而林草地和水域足迹呈现上升趋势,退耕

还林与封山禁牧政策顺应了当地这种消费结构的转变需要,有利于黄土高原生态恢复,提高自然资源的再生能力。

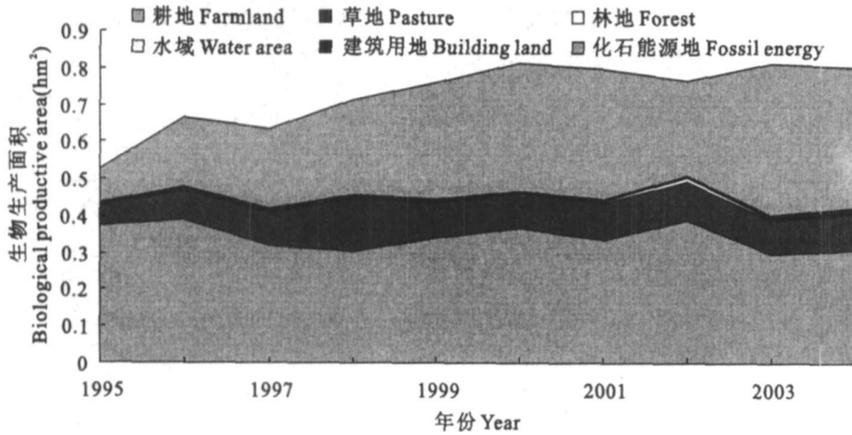


图1 榆林市1995~2004年生态足迹构成

Fig. 1 The biological productive area of Yulin from 1995 to 2004

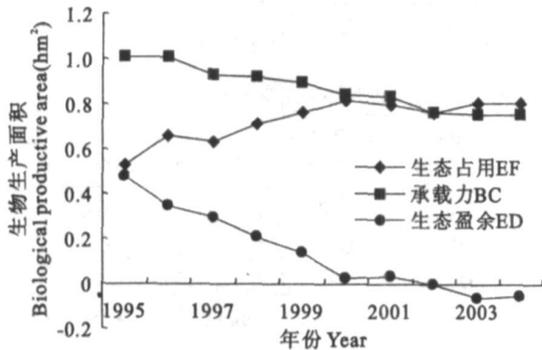


图2 人均生态足迹和生态承载力变化趋势

Fig. 2 Trend of average ecological footprint and ecological capacity (EF= Ecological footprint, BC= Biological capacity, ED= Ecological deficit)

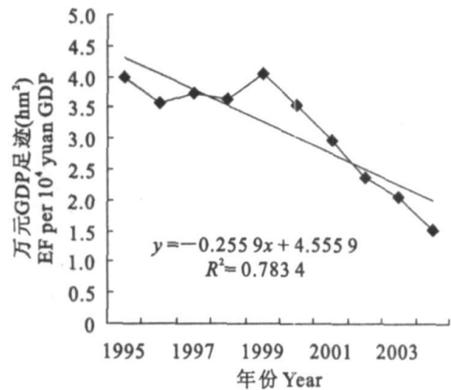


图3 榆林市万元GDP生态足迹变化

Fig. 3 Change of ecological footprint per 10⁴ yuan

2.2 生态承载力动态变化

1995~2004年10年间,榆林市生态承载力(表2)由1.1438 hm²降至0.8591 hm²,扣除12%的生物多样性用地,其总生态承载力由1.0065 hm²降至0.7560 hm²。其中耕地承载力由0.6307 hm²降至0.4443 hm²,减少率为29.5550%;草地承载力由0.0622 hm²降至0.0611 hm²;林地承载力由0.4190 hm²减少0.3219 hm²,减少率为23.17%,水域承载力无明显变化。榆林市生态承载力呈减少趋势,源于近10年来,特别是1999年退耕还林实施以后,用地结构的大幅调整和人口的剧增。1999~2004年,耕地面积减少了12.411万hm²,多用于生态恢复,

小部分源于建筑用地扩张,草地面积增加了13万hm²,而草地的短期物质产出远远低于耕地,使得土地整体生态产出暂时下降;而6年间人口增加了20.14万人,这些都导致人均生态承载力显著下降。

2.3 生态供需平衡分析

对比1995~2004年榆林市生态足迹与生态承载力状况(图2),得出该段时间榆林市人均生态盈亏状况:人均生态足迹显著提高而生态承载力明显下降,人均生态盈余由1995年的0.4791 hm²降到2001年的0.0388 hm²,2002年该市出现了人均0.0040 hm²的生态赤字,之后生态赤字迅速上升,处于弱不可持续发展状态。一般认为,生态足迹与

生态承载力比值为生态压力指数,2001年以前,生态压力指数小于1,即本地自然资源供应能够满足榆林市人口消费的总需求;2002年以后,压力指数大于1,至2004年生态压力指数为1.67,即需要1.67个榆林市的土地面积才能满足2004年榆林市的人口需求。榆林市人口的急剧增加和人均消费水平的提高使榆林市生态形势严峻。

2.4 榆林市资源利用结构效率与不同地区间的比较

各地区社会发展阶段不同,人均资源消费量及结构有所不同。榆林市位于中国不发达地区,矿产资源禀赋好,但自然环境条件差,社会经济发展落后。由表3可知:榆林市人均生态足迹远低于中国和全球平均水平,说明该区经济发展落后,人民的生活水平较低;生态承载力较全国人均少 0.0364 hm^2 ,远低于全球平均人均承载力(2.2 hm^2),这源于人均有效土地资源短缺和土地产出率低。

从生态足迹效率(图3)来看:1995~2004年,万元GDP的生态足迹显著降低,也即单位经济产出的自然资源消耗量在减少,说明榆林市资源利用效率在不断提高,经济结构有所优化。但是与同时期其他地区相比还有差距,如在1999年,中国、陕西省、西部地区和东部地区万元GDP生态足迹^[9]分别为: 2.0370 hm^2 、 2.6410 hm^2 、 2.7210 hm^2 、 1.2910 hm^2 ,而榆林市高达 4.0410 hm^2 ,相比之下,榆林市经济发展明显依赖于资源消耗,经济运行效率有待于进一步提高。

表3 2002年榆林市与不同地区^[9]生态供需比较

Table 3 Ecological supply/demand of Yulin and other regions ($\text{hm}^2/\text{capital}$)

地域 Region	生态足迹 Ecological foot print	生态承载力 Ecological capacity	生态赤字 Ecological deficit
榆林市 Yulin	0.7675	0.7636	-0.0040
中国 China	1.6	0.8	-0.8
全球 World	2.2	1.8	-0.4
印度 India	0.75	0.35	-0.4

3 榆林市生态赤字产生的原因

3.1 脆弱的生态环境和不适宜的气候条件

榆林地区风蚀、水蚀严重,加上历史时期土地利用不合理,滥垦、滥牧、滥伐和陡坡开垦,森林和草地面积急剧减少,植被破坏严重,水土流失和沙漠化加剧,导致土地生产力明显下降,单位面积产出率远低于全国平均水平,如榆林市耕地的产量因子为1.1,而中国为1.8左右,耕地单产仅为中国的60.11%。

据研究^[14],陕甘宁地区近50年来,气候暖干化现象严重,降水递减率高达 $10.6390 \text{ mm}/10\text{a}$,而气温却以 $0.3790^\circ\text{C}/10\text{a}$ 的速率升高,地表蒸发旺盛,水资源的贫乏使得该区植被恢复困难,土壤肥力不易提高。

3.2 人口增长带来的生态包袱

近10年来,榆林市人口以每年4.0240万的速率增加,人口增长使区域总生态足迹增大,人均拥有自然资源量下降,生态承载力降低,区域生态赤字剧增。从生态恢复的角度看,人口增加带来的生存压力会导致土地的复垦和生态的破坏,陷入“贫困—破坏—更贫困—更破坏”的恶性循环之路,削弱生态恢复的部分成果。另外,人均资源量太少,人口总消耗大,大大降低了社会财富的积累率,经济总量增长慢。

3.3 对资源的粗放式经营和掠夺式开发

榆林地区人口严重超载,当地居民为满足最基本的物质生活需要,普遍采取高投入、低产出的生产方式,掠夺式的经营造成自然资源的浪费和逐步枯竭。农业生产的技术水平及技术含量低,如在2002年农村居民人均年消耗电力高达 405.2833 kW 时,绝大部分用于农业灌溉动力;工业生产以资源开采和初级产品加工为主,加之技术落后导致资源利用率低;另外,榆林市大规模的能源开发,一方面带来了严重的环境污染和生态破坏,使原本脆弱的生态雪上加霜,如煤炭开采造成的地表塌陷、地表水污染、水源漏斗、地下水位下降、植被破坏等,同时刺激了能源的低效利用和浪费,使各产业对资源的依赖性增强,生态压力增大。

3.4 土地利用结构处于转型期,长远的生态效益有待进一步提高

黄土高原地区大面积积耕地的退耕,使该区农民人均耕地面积大幅度减少,土地经营结构显著变化。在1999~2004年间,榆林市耕地面积减少了 12.411 万 hm^2 ,草地面积增加了 13 万 hm^2 ,而成林地面积变化不大。耕地的产量因子是草地的5.7895倍,这就直接导致生态承载力计算结果的下降;另外,在生态恢复初期,片面注重树木的生态效益,在局部干旱缺水的地方植树造林,其生长状况和成活率不容乐观,造成了土地资源的浪费和水土流失。这些问题提醒我们生态恢复工作必须因地制宜,也即“宜林则林,宜草则草”,草、灌、乔合理布局。当然,植被的恢复是一个过程,其生态效益的发挥具有一定的滞后性,在用地结构转型初期,生态承载力的暂时下降也是自然资源积累过程所不可避免的。

4 平衡榆林市生态供需途径

由于历史原因和气候因素,榆林市生态脆弱,物质产出能力有限。从 1995~2004 年间生态足迹和生态承载力的动态变动看到,榆林市自然资源的供需矛盾正逐渐变得尖锐。结合榆林市各类土地足迹和承载力的变动趋势和原因,应从生态恢复与重建的战略角度探讨区域生态平衡之路。

4.1 提高耕地单产,发展高效林草业,治理‘三化土地’,区外调入资源,以增加生态承载力

首先,加强基本农田建设和推广粮食增产技术。榆林市耕地承载力减少显著。耕地单产较低,随着当地经济发展和退耕还林工作的推进,耕地数量有可能继续减少,这些对当地的粮食安全和生态建设构成威胁。在有限的耕地数量下,必须注重基本农田建设,对缓坡地进行梯田改造,治理沟道建造淤地坝,减少水土流失,增加坝地面积;积极实施小流域综合治理,改善小流域生态环境;大力推广粮食增产技术,通过径流收集、田间微集水及控制农田径流等措施以提高旱地作物生产力;大力推广节水灌溉技术,不断优化配水方案,采用先进的灌溉技术,如低压管道输水和管道灌溉、喷灌、滴灌、膜上灌溉等;同时要运用现代科技成果,加快良种培育、推广,做到品种及时更新,大力提高粮食的产量,提高耕地的承载力。

发展高效林草业。榆林市林草地生产力低下,林草经营和管理粗放。结合退耕还林(草)工程,发展舍饲养殖业,实行‘以草定畜’和‘轮牧制’等。同时,发展林草加工业,延长林草产业链。根据榆林市北部六县土地沙漠化状况,大力发展沙产业;在南部地区依据不同区域土地状况,以紫花苜蓿、沙打旺等牧草为主,大力发展养殖业。另外,从制度层面进行相应的改革措施,赋予林草农户拥有一定的林草经营权,使农户能从林草种植与管护中真正获益。

对‘三化’土地实行封育治理。截至 2004 年,榆林市‘三化’(退化、沙化、盐渍化)土地面积仍达 72.6670 万 hm^2 ^[19],是风沙的重要源地,而且使局地小气候恶化,增加其邻近地区生态恢复的难度。对这些地区实行封育保护,依靠生态的自我修复能力来恢复植被,不仅利于土壤水分和养分的保育,利于形成多样性和稳定的生物群落,同时能潜在增加生态承载力。

发展区际贸易和从区外调入稀缺资源。榆林市地处干旱与半干旱地区,年均降雨量少。区域发展受水资源胁迫程度愈来愈重,特别是 1998 年榆林市

被国家确定为能源重化工基地以来,区域工业用水量急剧上升,生态重建用水也逐年上升,人口增加导致生活用水也稳步攀升。因此,区域内农业、工业发展和生态建设之间产生强烈的水资源争夺,成为区域发展的最大限制因素之一。建议通过水利工程措施,从区外调入水资源,加大水资源节约利用程度;对现有高耗水项目进行整顿改造;通过区际贸易从区外进口高耗水产品,降低区域内水资源利用量。另外,部分民众对能源等消费存在扭曲观念,能源浪费严重,应加大宣传力度,强调资源的有限性,提高人们的节约意识。

4.2 调整能源结构,提高资源利用率,集约利用土地,促进劳动力有序转移,以降低生态足迹

积极调整能源结构,重视新能源的开发。榆林市能源足迹增长最快,广大农村为解决燃料问题,每年需砍伐大量的薪炭林或者消费煤炭,造成森林、草场资源的浪费。在生态修复过程中,应积极推广‘以气代柴’,调整和优化农村产业结构。通过技术改进,逐步形成以养猪为主,沼气为燃料,沼气废料为肥料的自动进出料,液渣循环使用的猪—沼—果、猪—沼—粮的模式,一方面减少对林草地和化石能源地的占用,同时有利于封山育林,防止人为造成的水土流失,加快生态建设的步伐。同时,大力开发风能、太阳能等可再生能源,减少对不可再生能源的消耗和依赖程度。

集约利用土地和节约型社会的建设。由计算可知,榆林市建筑用地、林地和草地等生态足迹增长迅速。近年来随着榆林市能源化工基地建设和经济发展,一些矿业经营者积累大量财富,形成高消费和高需求的生活方式;伴随着煤炭开发兴起的餐饮娱乐业,因缺乏整体规划,兴建了大量旅馆、酒店和商品房等,闲置设施人为占用大量土地资源。城市高消费造成了生产足迹剧增,且给当地消费结构带来不良影响;在区域总生态承载力短期内一定的情况下,城镇的高资源占用量使得农业资源特别是林草地和水资源等过度消耗难以获得正常的补偿,林草地的退化现象扭转困难。因此,从协调城乡发展和促进生态建设的高度看,应积极促进城镇消费模式的良性转变和节约型社会建设,注意合理、高效地使用各类资源,尤其是林木和能源等,如积极建设和提倡公共交通,提高建筑容积率,建设规模和数量适宜的生态旅馆和酒店等。同时,注重农村生产物资的供应和调配,寻求农村经济发展和生态建设互动发展的有效模式,使广大农民更积极参与到生态重建中。

从资源利用的角度看,提高资源的利用效率。

榆林市生态足迹效率远低于中国和西部平均水平, 贫困的经济现状和粗放型经济增长方式已经成为当地生态重建的严重障碍。为提高效率, 榆林市须制定现实可行的经济发展战略和规划, 尽快改变高消耗高污染的经济增长方式, 发展节水型、节地型的工业, 积极发展林果业及其后续产业, 发展深加工, 延长产业链, 将资源优势转化为产业优势和经济优势, 提高发展的效益和质量。经济增长方式转变一方面可以避免因经济规模扩张带来对水土资源的占用和生态破坏从而降低生态足迹; 另一方面带动当地就业和农民增收, 减轻农民对耕地的依赖和对生态的干扰程度。

控制人口数量和促进劳动力有序转移。榆林市2004年人口349.96万, 人口密度高达74人/km², 远超过联合国所界定的半干旱区20人/km²的允许界线, 且自然增长率高达4.9%, 在区域总生态供给能力一定的情况下, 人口增多必然导致人均生态承载力的下降和总生态足迹增大。须对内实行严格的计划生育政策, 对外限制矿区外来人口的迁入数量, 以控制人口增长; 同时, 针对该区人力资源数量多、素质低和开发不足的问题, 结合当地林果业发展和政策导向, 要进一步加强基础教育, 发展职业教育和成人教育, 进行多层次、多形式的的岗位培训和实施“素质扶贫”; 再者, 为减少过多人口对生态和环境的干扰, 要采取措施促进农村劳动力的有序转移, 主要措施包括: (1) 加强小城镇建设, 促进农业人口向非农产业转移, 促进农业生产的规模化和专业化。(2) 积极开展劳务输出, 开通农村剩余劳动力向大中城市转移之路。

5 结 语

运用生态足迹法对榆林地区生态状况计算表明: 1995~2004年间榆林市人均生态足迹增长0.2792hm², 能源、水域、林地、草地、建筑用地的足迹增长率分别为300.24%、158.94%、104.534%、83.48%、71.63%, 耕地足迹减少17.28%, 能源足迹在总足迹中比例显著上升而耕地比例降低; 人均生态承载力减少0.2505hm², 由生态盈余变为生态赤字, 处于生态弱不可持续发展状态。通过区域对比发现: 榆林市出现生态赤字不是因为人均消费过高, 而是由于区域生态供给能力薄弱, 人口超载、资源利用效率低和土地利用结构处于转型初期。

区域生态赤字增加实质上是区域人口、经济发展和环境矛盾的尖锐化, 影响区域经济社会的可持续发展。结合榆林市各土地类型足迹和承载力的变

动特征和原因分析, 认为需从降低生态足迹和提高生态承载力两个方面着手实现区域生态供需平衡。在生态重建中, 榆林市需加强基本农田建设和推广粮食增产技术以确保当地粮食安全, 是生态环境建设的关键和前提; 发展高效林草业以提高林草地的质量和产出; 封育治理“三化”土地以实现生态的自我修复和稳定性植物群落的形成; 积极发展区际贸易, 实施虚拟水和虚拟粮食战略等调入稀缺资源以增加区域生态供给能力。同时, 积极推广“以气代柴”和洁净能源, 调整和优化农村能源结构; 从协调城乡足迹的角度, 提倡城市土地集约利用和节约型社会建设, 注重农村生产和生态建设物资的供应; 发展节水、节地型工业, 培植林草后续产业, 提高发展的效益和质量; 控制人口数量和引导劳动力有序转移以减轻生态压力。运用生态足迹法探讨榆林市生态重建之路将有利于该区实现生态和经济的良性互动发展。

参 考 文 献:

- [1] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [2] World Wide Fund for Nature, Living Planet Report 2002[EB/OL]. <http://www.footprintnetwork.org>, 2005-04-06.
- [3] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological footprint of nations[A]. International Council for Local Environmental Initiatives[C]. Toronto, 1997. 4-12.
- [4] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29: 375-390.
- [5] 徐中民, 陈东景, 张志强, 等. 中国1999年的生态足迹分析[J]. 土壤学报, 2002, 35(3): 441-445.
- [6] 鲁春霞, 谢高地, 成升魁, 等. 青藏高原自然资源利用的生态空间占用评价[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 29-35.
- [7] 兰叶霞, 赵先贵. 咸阳市2003年生态足迹分析[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(1): 20-25.
- [8] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析[J]. 地理学报, 2004, 59(5): 763-770.
- [9] 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): 630-636.
- [10] 榆林市统计局. 榆林统计年鉴1995~2004[M]. 榆林: 榆林统计出版社, 1995~2004.
- [11] 邱大雄. 能源规划与系统分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
- [12] Wackernagel M, Monfreda C, Schulz N B, et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges[J]. Land Use Policy, 2004, 21: 271-278.
- [13] 延军平. 中国西北生态环境建设与制度创新[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2004. 108.

- [1] 王振龙. 时间序列分析 [M] . 北京: 中国统计出版社, 2000.
[12] 易丹辉. 统计预测—方法与应用 [M] . 北京: 中国统计出版社, 2001.

- [13] 王 燕. 应用时间序列分析 [M] . 北京: 中国人民大学出版社, 2005.

Drought forecasting based on the standardized precipitation index at different temporal scales using ARI MA models

HAN Hng¹, WANG Peng xin^{2*}, WANG Yan ji², ZHANG Shu yu³, ZHU De hai²

(¹. College of Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China ;

². College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China ;

³. Remote Sensing Information Center for Agriculture of Shaanxi Province, Xian, Shaanxi 710015, China)

Abstract : The time series of SPI at different temporal scales are calculated from monthly precipitation data , which was collected from 36 weather stations in Guanzhong Plain and Weiwei Tablelands . ARI MA models are developed to forecast and simulate SPI series . The results show that ARI MA models can predict SPI 3,6,9series with 1-month lead time at the precision of under 10%, and can predict the SPI 12,24series with 9-month lead time at the average precision of under 10%. Forecasting precision increases with the increase of temporal scales .

Key words : standardized precipitation index (SPI) ; ARI MA models ; drought forecasting

(上接第 205 页)

Study on ecological reconstruction in Yulin based on ecological footprint

DI NG Jin mei , YAN Jun ping , WEN Qi , LI Huan jiao , CHEN Feng , SUN Ya jun

(College of Tourism and Environment Science , Shaanxi Normal University , Xi ' an , Shaanxi 710062 , China)

Abstract : Ecological footprint is a useful indicator for measuring the pressure on natural capital imposed by human being and assessing sustainable development status . In this paper , we calculate and analyze the ecological footprint of Yulin during the period from 1995 to 2004 by using the model . The results are as follows : the ecological footprint has grown from 0.5274 hm²/capital to 0.8066 hm²/capital with the increase rate of 52.95% , the structure of ecological footprint has changed a lot ; the proportion of cropland footprint has decreased largely which is from 71.0674% to 38.442% , compared with the increasing of energy footprint which is from 17.0899% to 47.1852% . The biological capacity has varied from 0.6307 hm²/capital to 0.4443 hm²/capital . The ecological surplus become smaller from 1995 to 2001 with an ecological deficit in 2002 which has went larger year by year . All these show that ; Yulin is in a weak unsustainable status . The reasons for the ecological deficits are ; the seriously destructed ecology , the overloaded population , and the inefficient utilization of resources and the influence of the changing structure of landuse . Then considering the ecological function and the relationship between supplying and demand of natural capital in Yulin , we explore the strategies and measures to accomplish the ecological reconstruction and regional sustainable development in Yulin .

Key words : ecological footprint ; ecological reconstruction ; sustainable development ; Yulin