黄土丘陵区退耕还林(草)生态经济系统的能值分析
——以安塞县为例

杜 英[1,3],杨改河[2,3],刘志超[2,3],冯永忠[2,3]
(1.西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100;2.西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100;
3.陕西省循环农业工程技术研究中心,陕西 杨凌 712100)

摘 要:能值分析方法是惯用的评价生态系统能量输入输出的方法之一。本文以位于陕西省黄土丘陵区的安塞县为例,通过分析该区域退耕还林(草)前后生态系统投入产出的能值动态变化,定量评价了退耕还林(草)工程的生态经济效应。研究结果显示:受退耕还林工程的影响,安塞县生态系统年总投入能值和总输出能值均呈先下降后上扬的发展趋势,其中有机能和不可更新环境资源投入量表现出递减的趋势,说明退耕还林工程对于减少表土流失具有积极的作用;在总能值产出中,种植业和养殖业的能值产出占绝对优势,但随着退耕还林工程的开展,林业的能值产出表现出快速的增长势头,系统的结构日趋多元化;在系统主要能值指标中,能值投资率、环境负载率呈现先增后降再增长的趋势,净能值产出率和能值持续性指数均呈先降低再增长的趋势,系统稳定性呈现增加的趋势。说明退耕还林后系统的生态环境压力趋于减小,持续性增强,系统结构趋于稳定,系统功能协调,基本可以实现生态和经济双赢的目标。

关键词:退耕还林;生态经济效应;能值分析;黄土丘陵区
中图分类号:F062.2 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2008)05-0189-08

上世纪末期,我国政府实施了一项林业生态建设史上涉及面最广、政策性最强、规模最大、投入最多、群众参与度最高的生态环境恢复工程——退耕还林(草)工程,旨在改善生态环境,控制水土流失,调整农业产业结构,促进农村社会经济的持续发展[1~3]。退耕还林(草)工程的实施,在改善生态环境、减少水土流失等方面取得了显著的效果,同时也对退耕区的农业和农村经济发展产生了较大的影响,因此对退耕还林(草)工程进行科学系统的生态经济评估意义重大。在退耕实施的9年中,我国众多学者从不同角度对退耕还林工程进行了一系列的评价研究。古丽努尔、杨建波[4,5]分别以恢复生态学为理论指导和运用环境效益层析法单独对退耕还林工程的生态效益进行了评价;石培基、朱红春、周红等[6~8]运用经济学理论和方法分别以甘肃、陕北、贵州为例单独对退耕还林工程的社会经济效益进行了评价;杨旭东、孙德祥等[9,10]应用综合评价方法对退耕还林的综合效益进行了定量化的综合评价。上述研究虽然采用的方法不同,构建的评价指标体系不同,但都存在一个共同的特点,就是将退耕还林(草)的生态系统和经济系统作为两个独立的系统进行评价,而由于生态系统和经济系统的度量标准不同,使所得结果很难进行统一的比较,导致研究结果具有一定的片面性。因此,评价退耕还林(草)工程综合效益的很重要的一点就是度量单位的统一。美国著名生态学家H.T.Odum创立的能值(emergy)理论和方法为我们解决这一问题提供了很好的工具和思路。

能值理论可以理解为一种流动或储存的能量所包含另一种类别能量的数量(1987),或可解释为产品或劳务形成过程中直接或间接投入应用的一种有效能总量所具有的能值(1996)。由于任何能量均始于太阳能量,故能值理论常用太阳能值为标准,来衡量某一能量能值的大小。该理论把社会、经济和自然等亚系统统一起来,可以定量分析自然和人类社会,资源与环境之间的真实价值及它们的相互关系。自从该方法建立以来已经在生态系统分析、环境价值评估、生态经济效益评价等方面得到日益广泛的应用,取得了可喜的成果,但目前运用这一理论评价退耕还林(草)生态经济系统综合效益的研究还未见报道。

本文试图应用能值方法,以退耕还林重点县安塞县为研究对象,对安塞县退耕还林实施前后系统的能值投入、能值输出等动态变化进行系统分析,以评价

收稿日期:2008-04-26
基金项目:国家重大基础预研项目(2005CCA05300);西北农林科技大学青年骨干支持计划
作者简介:杜 英(1978—),女,吉林四平人,博士研究生,主要从事生态经济与可持续发展等方面研究。E-mail:duyingjl@126.com。
通讯作者:杨改河(1957—),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事资源与环境生态方面的研究。

万方数据

退耕还林(草)工程的生态经济效果,希望能为黄土丘陵区生态退耕政策的进一步完善提供科学依据。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区概况

安塞县地处西北内陆黄土高原腹地,属陕西省延安地区管辖,属典型的梁峁状丘陵沟壑区,地势由西北、西南向中部及东部倾斜,海拔高程大多在997~1 731 m之间,地貌类型主要为黄土梁涧、梁峁状黄土丘陵和沟谷阶地[11],地形支离破碎,丘陵起伏,沟壑纵横,沟壑平均密度约为4.33 km/km^2。境内水土流失严重,全县水土流失面积2 832 km^2,占全县总面积的96%,土壤侵蚀模数一般高达4 000~12 000 t/(km^2·a),多年平均输沙量2 388×10^4 t,年平均输沙模数达8 373 t/km^2,是黄河中游水土流失极为严重的地区之一,也是西北典型的生态环境脆弱区[12-14]。安塞县属于典型的暖温带半干旱大陆性季风气候,夏秋多雨,冬季严寒干燥,日照时数2 352~2 573 h,平均气温8.9℃,≥10℃活动积温2 866℃,降水量北少南多,主要集中在夏季,年平均降水量505.3 mm。境内植被较差,天然植被破坏殆尽,南部分布有少量天然次生林,森林覆盖率为17.7%[12,13]。

全县总人口16.44万人,农业人口14.44万人,农村劳动力5.30万人。全县土地总面积2 950 km^2,耕地面积6.8万hm^2,人均耕地0.47 hm^2。2005年实现工农业总产值16.67亿元,农村经济以大农业为主。安塞县自1999年开始实行退耕还林(草)工程以来,全县退耕地造林面积3.99万hm^2,其中25°以上的2.03万hm^2,占50.9%;15°~25°的1.96万hm^2,占49%;沙化耕地40 hm^2,占0.1%,兑现退耕还林(草)面积3.48万hm^2,涉及全部211个村的27909户农户。

1.2 研究方法

在采用以往研究成果的基础上,通过查阅研究年份(1998~2005年)内的相关资料和实地农户访问(2006年7月)相结合的方法,收集了安塞县退耕还林前至现在的农林牧业系统(1998~2005年)物质能量投入与产出的基础数据和其它相关资料,按照能值理论的分析步骤和有关概念,对退耕还林工程实施以来安塞县生态经济系统的投入和产出的各种物质、能量、经济流进行计算,绘制能量系统图,制定能值分析表,建立能值综合指标体系并对其进行分析。能值分析方法及太阳能值转换率参照Odum H T、严茂超、蓝盛芳等人[15-18]的研究资料;系统中各种生产资料、要素及产品的能量折算系数参考骆世明[19]等的研究数据。图1为退耕还林(草)生态系统能量流动系统图。

2 结果分析

2.1 退耕还林(草)生态经济系统能值投入产出分析

2.1.1 退耕还林(草)生态经济系统能值投入分析

1999年,安塞县作为试点地区率先开展退耕还林(草)以来,安塞县的年总能值使用量呈现出先不断下降,后稍微上扬的趋势(表1)。退耕前安塞县的

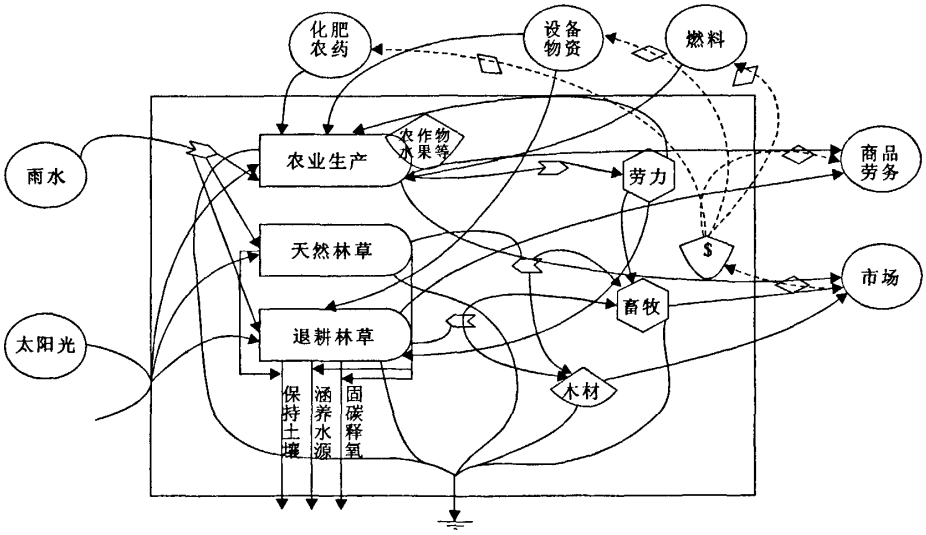

图1 退耕还林(草)生态系统能量流动系统图

Fig.1 Energy flow of ecosystem in converting farmland into forest and grassland project

万方数据

年总能值投入量为 2.65×10^{20} sej,在退耕大规模实施的前三年,年总能值的下降幅度比较大,分别为 2.12×10^{20} sej、2.21×10^{20} sej 和 2.39×10^{20} sej,2003 年以后,由于退耕进入稳定巩固时期,退耕坡地的面积减少,农业生产的发展趋于稳定,且大棚等需要精耕的农业项目日渐增大,所以系统的年总能值投入量呈现出日益上扬的势头,2005 年的年总能值投入量超过了退耕前,达到了 2.73×10^{20} sej。从能值投入的组成来看,工业辅助能变化趋势与年总能值的变化趋势相同,而有机辅助能逐渐减少,主要表现在人力和畜力的减少上,反映了其被机械投入能替代的特点,说明安塞县农业生产中的投入以农业系统以外的投入为主;环境资源能值能投入量也呈现出波动性的变化趋势,其中由于可更新资源只涉及到太阳光能、雨水势能和雨水化学能,使得其由于降雨量的变化而呈现出不规则的变化趋势,不可更新资源投能逐渐下降,1998 年为 5.11×10^{18} sej,2005 年变为 4.31×10^{18} sej,下降幅度达 18.56%,这一结果充分说明了退耕还林工程的实施,使安塞县的林地、牧草地等绿色植被面积相对增加,提高了植被覆盖率,对土壤等生态环境的保护起到了积极的作用。以上分析表明,安塞县退耕还林工程实施后,农业现代化水平逐步加强,资源环境可持续能力亦有所改善。

表 1　安塞县退耕前后生态系统能值投入分析

Table 1　Emergy value input of ecosystem before and after conversion in Ansai county

项目 Item	能值转换率 Emergy transformation (sej/J, sej/g)	退耕前(1998) Before(1998)			退耕后(2005) After(2005)		
		原始数据 Original data (J, g)	太阳能值 Solar emergy (sej)	能值货币价值 Emdollar value ($)	原始数据 Original data (J, g)	太阳能值 Solar emergy (sej)	能值货币价值 Emdollar value ($)
可更新资源 Renewable resources							
1.太阳光 Solar energy	1	4.66×10^{18}	4.66×10^{18}	3.52×10^{7}	4.66×10^{18}	4.66×10^{18}	3.32×10^{7}
2.雨水势能 Potential energy of precipitation	8888	6.05×10^{15}	5.37×10^{19}	4.06×10^{8}	6.18×10^{15}	5.50×10^{19}	3.91×10^{8}
3.雨水化学能 Chemical energy of precipitation	15423	2.54×10^{15}	3.92×10^{19}	2.96×10^{8}	2.60×10^{15}	4.01×10^{19}	2.85×10^{8}
不可更新资源 Primary resources							
4.表土流失 Surface soil loss	6.25×10^{4}	8.18×10^{13}	5.11×10^{18}	3.86×10^{7}	6.90×10^{13}	4.31×10^{18}	3.07×10^{7}
工业辅助能 Subsidiary energy							
5.氮肥 Nitrogen fertilizer	3.80×10^{9}	5.96×10^{9}	2.27×10^{19}	1.71×10^{8}	7.41×10^{9}	2.81×10^{19}	2.00×10^{8}
6.磷肥 Phosphorous fertilizer	3.90×10^{9}	3.62×10^{9}	1.41×10^{19}	1.07×10^{8}	3.56×10^{9}	1.39×10^{19}	9.88×10^{7}
7.钾肥 Potassium fertilizer	1.10×10^{9}	1.02×10^{9}	1.13×10^{18}	8.51×10^{6}	1.31×10^{9}	1.44×10^{18}	1.02×10^{7}
8.复合肥 Compound fertilizer	2.80×10^{9}	1.93×10^{9}	5.40×10^{18}	4.08×10^{7}	3.53×10^{9}	9.88×10^{18}	7.03×10^{7}
9.农药 Pesticides	1.60×10^{9}	1.46×10^{7}	2.34×10^{16}	1.77×10^{5}	2.49×10^{7}	3.98×10^{16}	2.83×10^{5}
10.农膜 Agricultural film	3.80×10^{8}	1.92×10^{8}	7.31×10^{16}	5.52×10^{5}	4.21×10^{8}	1.60×10^{17}	1.14×10^{6}
11.机械动力 Machinery power	7.50×10^{7}	1.35×10^{11}	1.02×10^{19}	7.67×10^{7}	1.74×10^{11}	1.31×10^{19}	9.30×10^{7}
12.电力 Electricity power	1.60×10^{5}	2.93×10^{12}	4.69×10^{17}	3.55×10^{6}	1.06×10^{13}	1.69×10^{18}	1.20×10^{7}
13.柴油 Diesel fuel	6.60×10^{4}	6.22×10^{12}	4.11×10^{17}	3.10×10^{6}	1.12×10^{13}	7.37×10^{17}	5.24×10^{6}
可更新有机能 Renewable organic energy							
14.劳力 Labor	3.80×10^{5}	2.01×10^{14}	7.62×10^{19}	5.76×10^{8}	1.85×10^{14}	7.03×10^{19}	5.00×10^{8}
15.畜力 Animal power	1.46×10^{5}	1.63×10^{14}	2.37×10^{19}	1.79×10^{8}	1.09×10^{14}	1.58×10^{19}	1.13×10^{8}
16.有机肥 Organic fertilizer	2.70×10^{6}	1.05×10^{12}	2.85×10^{18}	2.15×10^{7}	8.55×10^{11}	2.31×10^{18}	1.64×10^{7}
17.种子 Seeds	6.60×10^{4}	7.57×10^{13}	5.00×10^{18}	3.78×10^{7}	1.68×10^{14}	1.11×10^{19}	7.88×10^{7}
投入能值合计 Total of input emergy	—	—	2.65×10^{20}	2.00×10^{9}	—	2.73×10^{20}	1.94×10^{9}

万方数据

2.1.2 退耕还林(草)生态经济系统能值产出分析

安塞县年总产出能值在研究时段内也呈现先下降后上扬的变化趋势(表2),1998年为2.27×10^{20} sej,到2000年下降到1.88×10^{20} sej,2005年又增加到2.85×10^{20} sej。从能值产出的组成来看,产出能值绝对数比较大的种植业和畜牧业的产出能值表现为先降后升的趋势,种植业还是由以玉米、豆类、谷子为主并兼有其它杂粮、油料、蔬菜瓜类的多样性能值结构,特色农业不明显,不利于农业经济效益的提高,而畜牧业在总能值产出的比重的下降趋势比较明显,这是由于实施退耕还林还草、封山禁牧后,开展的设施养羊需要投入的人力物力比较大,使得许多原来靠放养的养羊户规模减小或干脆放弃养羊而选择外出打工所造成的;退耕后林业的能值呈现一直增加的趋势,但由于退耕年限比较短,林业的能值大部分是以活立木及服务价值的形式滞留在系统内部,但相信随着退耕时间的延长,林业的效益会更加明显地显现出来。从能值角度计算的产投比表明,安塞县产出效率从退耕前3年的稍有下降,到随后逐渐增加的趋势,可以反映出安塞县的资源利用率逐渐得到提高,农业生产效率具有逐渐增加的势头。

表2 安塞县退耕前后生态系统能值产出分析

Table 2 Analysis of ecosystem's emergy output in Ansai County before and after conversion

项目 Item	能值转换率 Emergy transformation (sej/J, sej/g)	退耕前(1998) Before(1998)			退耕后(2005) After(2005)		
		原始数据 Original data (J, g)	太阳能值 Solar emergy (sej)	能值货币价值 Emdollar value ($)	原始数据 Original data (J, g)	太阳能值 Solar emergy (sej)	能值货币价值 Emdollar value ($)
种植业 Planting industry							
1.玉米 Corn	8.52×10^{4}	3.08×10^{14}	2.62×10^{19}	1.98×10^{8}	2.03×10^{14}	1.73×10^{19}	1.23×10^{8}
2.小麦 Wheat	6.80×10^{4}	1.01×10^{14}	6.86×10^{18}	5.19×10^{7}	2.81×10^{12}	1.91×10^{17}	1.36×10^{6}
3.豆类 Beans	6.90×10^{5}	7.69×10^{13}	5.30×10^{19}	4.01×10^{8}	9.19×10^{13}	6.34×10^{19}	4.51×10^{8}
4.谷子 Millet	3.59×10^{4}	1.31×10^{14}	4.72×10^{18}	3.56×10^{7}	7.54×10^{13}	2.71×10^{18}	1.93×10^{7}
5.糜子 Broomcorn millet	8.00×10^{4}	2.54×10^{13}	2.03×10^{18}	1.53×10^{7}	1.98×10^{13}	1.58×10^{18}	1.13×10^{7}
6.薯类 Potatoes	2.70×10^{3}	3.20×10^{13}	8.64×10^{16}	6.53×10^{5}	4.68×10^{13}	1.26×10^{17}	8.99×10^{5}
7.其他粮食 Other grains	8.00×10^{4}	2.77×10^{13}	2.22×10^{18}	1.68×10^{7}	1.86×10^{13}	1.49×10^{18}	1.06×10^{7}
8.油料 Oilseeds	6.90×10^{5}	4.33×10^{13}	2.99×10^{19}	2.26×10^{8}	4.59×10^{13}	3.17×10^{19}	2.25×10^{8}
9.蔬菜瓜类 Vegetables	2.70×10^{4}	9.22×10^{12}	2.49×10^{17}	1.88×10^{6}	1.83×10^{14}	4.95×10^{18}	3.52×10^{7}
10.水果 Fruits	5.30×10^{5}	5.51×10^{13}	2.92×10^{19}	2.21×10^{8}	6.69×10^{13}	3.54×10^{19}	2.52×10^{8}
林业 Forestry							
11.活立木 Living trees	3.49×10^{4}	—	—	—	3.88×10^{13}	1.35×10^{18}	9.63×10^{6}
畜牧业 Animal husbandry							
12.猪肉 Pork	1.70×10^{6}	3.09×10^{13}	5.25×10^{19}	3.97×10^{8}	1.90×10^{13}	3.24×10^{19}	2.30×10^{8}
13.羊肉 Mutton	2.00×10^{6}	5.22×10^{12}	1.04×10^{19}	7.88×10^{7}	6.50×10^{12}	1.30×10^{19}	9.25×10^{7}
14.牛肉 Beef	4.00×10^{6}	5.69×10^{11}	2.28×10^{18}	1.72×10^{7}	1.48×10^{12}	5.91×10^{18}	4.20×10^{7}
15.禽肉 Poultry	1.70×10^{6}	1.63×10^{11}	2.76×10^{17}	2.09×10^{6}	4.47×10^{11}	7.61×10^{17}	5.41×10^{6}
16.鸡蛋 Egg	1.71×10^{6}	1.71×10^{12}	2.92×10^{18}	2.20×10^{7}	4.25×10^{12}	7.17×10^{18}	5.17×10^{7}
17.毛类 Fur	4.40×10^{6}	9.09×10^{11}	4.00×10^{18}	3.02×10^{7}	5.71×10^{11}	2.51×10^{18}	1.79×10^{7}
系统服务 System service							
18.保持土壤 Soil conservation	7.40×10^{4}	—	—	—	7.53×10^{14}	5.57×10^{19}	3.97×10^{8}
19.涵养水源 Water storage	6.66×10^{5}	—	—	—	1.05×10^{13}	6.98×10^{18}	4.97×10^{7}
20.吸收 CO_2 Carbon dioxide assimilation	3.78×10^{7}	—	—	—	3.08×10^{9}	1.16×10^{17}	8.29×10^{5}
21.释放 O_2 oxygen release	5.11×10^{7}	—	—	—	2.28×10^{9}	1.17×10^{17}	8.31×10^{5}
输出能值合计 Total of output emergy			2.27×10^{20}	1.71×10^{9}		2.85×10^{20}	2.03×10^{9}

万方数据

2.2 退耕还林(草)生态经济系统主要能值指标分析

通过系统能值分析可得出一系列能值综合指标,这些指标把复合生态系统的各种生态流在能值尺度上统一起来,可作为衡量系统运行状况的工具,并可为制定社会经济发展决策提供科学的依据[17]。

下面就通过能值指标对安塞县退耕还林(草)生态系统的生态经济效应进行分析,其主要能值指标见表 3。

表 3　安塞县退耕还林还草生态系统能值分析的主要指标

Table 3　Main indexes of emergy analysis of ecosystem in converting farmland into forest and grassland project in Ansai County

项目 Item	年份 Year							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
可更新环境资源能值($\times 10^{18}$ sej) Em_R Energy value of renewable environmental resources	97.57	57.65	63.13	95.63	100.22	107.46	94.92	99.69
不可更新环境资源能值($\times 10^{18}$sej) Em_N Energy value of primary environmental resources	5.11	5.10	5.05	4.90	4.81	4.38	4.32	4.31
环境资源总投入能值($\times 10^{18}$sej) $Em_I = Em_R + Em_N$ Total energy value of environmental resources	102.68	102.75	68.18	100.53	105.03	111.84	99.24	104.00
不可更新工业辅助能($\times 10^{18}$sej) Em_F Subsidiary energy from industry	54.44	45.78	49.32	46.51	52.90	56.92	61.87	69.06
可更新有机能($\times 10^{18}$sej) Em_{RI} Renewable organic energy	107.78	102.99	103.79	91.61	92.47	100.65	88.17	99.50
辅助能总投入($\times 10^{18}$sej) $Em_U = Em_F + Em_{RI}$ Total input of subsidiary energy	162.22	148.77	153.11	131.12	145.37	157.57	150.04	168.56
总能值投入($\times 10^{18}$sej) $Em_T = Em_I + Em_U$ Total energy value input	264.90	211.52	221.29	238.65	250.40	269.41	249.28	272.56
农产品($\times 10^{18}$sej) Em_{Y1} Agricultural product	154.55	110.26	83.17	81.71	107.56	121.05	144.88	158.83
林产品($\times 10^{18}$sej) Em_{Y2} Forestry product	0	0.11	0.12	0.85	1.31	1.31	1.35	1.35
畜产品($\times 10^{18}$sej) Em_{Y3} Livestock product	72.38	75.19	39.79	38.99	52.63	61.88	58.19	61.83
系统服务能值($\times 10^{18}$sej) Em_{Y4} Energy value of system service	0	2.20	5.53	21.69	31.50	57.80	62.03	62.96
总输出能值($\times 10^{18}$sej) $Em_Y = Em_{Y1} + Em_{Y2} + Em_{Y3} + Em_{Y4}$ Total energy value output	226.93	187.77	128.61	143.25	192.99	242.04	266.45	284.97
环境资源比率(%) Em_I/Em_T Percentage of environmental resources	38.76	29.67	30.81	42.12	41.94	41.51	39.81	38.16
工业辅助能比率(%) Em_F/Em_T Percentage of subsidiary energy	20.55	21.64	22.29	19.49	21.12	21.13	24.82	25.33
有机能比率(%) Em_{RI}/Em_T Percentage of organic energy	40.69	48.69	46.90	38.39	36.93	37.36	35.37	36.51
能值投资率 $EIR = Em_U/Em_I$ Investment ratio of energy value	1.58	2.37	2.24	1.37	1.38	1.41	1.51	1.62
净能值产出率 $EYR = Em_Y/Em_U$ Pure output ratio of energy value	1.40	1.26	0.84	1.04	1.33	1.54	1.78	1.69
环境负载率 $ELR = (Em_F + Em_N)/(Em_R + Em_{RI})$ Environmental loading ratio	0.61	0.88	0.86	0.54	0.58	0.57	0.70	0.74
系统稳定度 $-\sum[(E_{Yi}/E_Y)\ln(E_{Yi}/E_Y)]$ System stability	0.63	0.74	0.79	0.99	1.01	1.07	1.03	1.02
能值可持续性指数 $ESI = EYR/ELR$ Sustainability index of energy value	2.29	1.43	0.98	1.93	2.31	2.69	2.55	2.30

万方数据

2.2.1 安塞县环境资源比率、工业辅助能比率与有机辅助能比率 安塞县环境资源比率和有机辅助能比率呈现下降的趋势,且有机辅助能比率下降的较为明显;工业辅助能比率日益增加,表明安塞县自然资源和可更新的有机能在农业生产中的作用日益降低,而不可更新的工业辅助能在农业生产中的作用日益加强。这一现象吻合现代农业发展的特点,说明安塞县农业现代化水平正在提高,但在系统生产力得到提高的同时,也潜伏着严重的生态环境隐患。

通过这一结果也可以看出退耕还林工程的实施对于改善能值投入结构作用不大,今后增加秸秆还田和有机肥的投入势在必行[20]。

2.2.2 能值投资率 能值投资率是衡量经济发展程度和环境负载程度的指标,其值越大则表明系统经济发展程度越高;其值越小则说明发展水平越低而对环境的依赖越强。如果某系统生产规模的能值投资率大大高于当地的平均能值投资率,那么该项生产规模可能就超出当地环境条件承受能力。从表3可以看到:安塞县在开始实施退耕还林时,由于大量的坡耕地被植树造林,使得系统的环境资源能值总投入减少很大,从而导致生态系统的能值投资率有了较大的提高,能值投资率从1998年的1.58提高到2000年的2.24,增长幅度达41.77%,而随着退耕还林工程的大面积推广,由于耕地面积的大面积减少,使得辅助能值的投入量有了一定幅度的减少,特别是由于封山禁牧而导致的养羊业的萎缩,使得有机能的投入减少幅度较大,从而使系统的能值投资率有所下降,能值投资率也变为2005年的1.62增加。但是我们也应该看到,无论是退耕前还是退耕后,系统的能值投资率都比较低,这显示了当地的农业生产还是处于靠天吃饭的初级状态,虽然退耕还林的实施短期内可以通过环境资源能值投入的减少而提高能值投资率,但如果不能保证更多的经济辅助能的流入,该系统还将持续徘徊在较低的水平,这无疑对整个系统的持续发展极为不利,进而威胁到当地的生态环境。

2.2.3 净能值产出率 净能值产出率为系统产出能值与经济输入能值之比,反映了系统获得经济输入能值能力。净能值产出率是衡量系统产出对经济贡献大小的指标,较高的净能值产出率表示系统获得经济发展的机会和数额相对较高,即系统的生产效率较高,这在一定程度上反映了系统的工业化程度和持续性发展状况。安塞县退耕前净能值产出率为1.40,到2000年达到最低0.84,后逐渐增加,到2005年净能值产出率已达到了1.69。说明退耕还林在开始实施时对系统的工业化程度和持续性发展具有抑制作用,随着退耕年限的增加,系统的结构趋于稳定,使得系统获得的经济投入能值的竞争力日益增加。

2.2.4 环境负载率 环境负载率是指系统不可更新能源投入能值总量与可更新能源投入能值总量之比,反映了系统中单位可更新能值所承担的不可更新能值量。环境负载率可用来衡量自然环境的负荷程度。与退耕前系统的环境负载率相比,安塞县退耕后生态经济系统的环境负载率呈增加趋势,由退耕前的0.61增加到2005年的0.74,增加17.57%,低于2003年的广东(1.70)和重庆(1.71)[21,22]等发达地区,说明安塞县的经济开发水平仍然较低,发展远未达到高投入高产出状态,仍有较大的发展潜力,但环境压力在加大,系统对自然可更新环境资源的利用率也在提高,这是由于当前退耕还林工程的实施时间还比较短,退耕还林的生态效益还不足以弥补因农业生产规模扩大而对环境资源带来的压力。

2.2.5 系统稳定性系数 系统稳定性指数表示系统生产稳定性的大小,系统稳定性指数高,则说明农业系统的物质流、能量流连接网络发达,系统自控、调节、反馈作用强,有更大的自稳定性[20]。安塞县实施退耕还林工程后,系统稳定性有了一定的提高,系统稳定性指数从退耕前的0.61提高到2005年的1.02,增幅达40.20%。自2001年后已经超过了广东省三水市农业生态系统稳定性系数0.918(1998年)[17]。可见,实施退耕还林后,区域农业生态系统的连接网络日益完善,系统自控、调节、反馈作用逐渐增强,农业产业结构调整已初见效果。

2.2.6 系统可持续性指数 系统可持续性指数是用来评价系统可持续发展性能的综合性评价指标。由表3的计算结果我们可以看出,除在退耕开始的两年能值可持续性指数有所下降以外,随着退耕还林还草的开展,能值的可持续性指数具有逐渐增加的趋势,说明与原来的农业生态系统相比,退耕还林后生态系统在环境负荷较少增加的情况下生产效率得到了较大的提高,可持续性潜力增大,进一步说明退耕还林后复合生态系统对原来的农业生态系统具有优化作用。

3 结 论

本文是运用能值分析理论在退耕还林(草)生态经济系统这一研究领域中的一次大胆尝试。研究中采用能值分析方法,把生态投入与经济投入及产出都纳入到生态经济系统的研究中,进行同值比较研

万方数据

究,可以有效地避免因单位不统一而造成研究结果出现偏差,相对而言所获得的结论科学性更强。

通过研究发现,安塞县实施退耕还林后,系统能值的投入和产出均呈现先下降后上扬的发展趋势,但其中的有机能和不可更新环境资源投入量表现出递减的趋势,在总能值产出中,种植业和养殖业的能值产出占绝对优势,但随着退耕还林工程的开展,林业的能值产出表现出快速的增长势头,系统的结构向日趋多元化方向发展。对系统能值主要指标的分析表明,能值投资率、环境负载率呈现先增长后下降再增长的趋势,净能值产出率和能值持续性指数均呈先降低再增长的趋势,系统稳定性呈现增加的趋势,系统生态环境的压力趋于减小,持续性增强,资源利用效率呈增加趋势,经济效益有了一定程度的提高。退耕还林后生态经济系统结构向有利于系统发展的方向演变,系统结构趋于稳定,系统功能协调,基本可以实现生态和经济双赢的目标。

参 考 文 献:

[1] 孔忠东,徐程扬,杜纪山.退耕还林工程效益评价研究综述[J].西北林学院学报,2007,22(6):165—168.

[2] 温仲明,王　飞,李　锐.黄土丘陵区退耕还林(草)农户认知调查　以安塞县为例[J].水土保持通报,2003,23(3):32—35,41.

[3] 虎陈霞,傅伯杰,陈利顶.浅析退耕还林还草对黄土丘陵沟壑区农业与农村经济发展的影响——以安塞县为例[J].干旱区资源与环境,2006,20(4):67—72.

[4] 古丽努尔·沙布尔哈孜,尹林克,热合木都拉·阿地拉.塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益评价研究[J].水土保持学报,2004,18(50):80—83.

[5] 杨建波,王　利.退耕还林生态效益评价方法[J].中国土地科学,2003,17(5):54—58.

[6] 石培基,冯晓淼,宋先松,等.退耕还林政策实施对退耕者经济纯效益的影响评价——以甘肃4个退耕还林试点县为例[J].干旱区研究,2006,23(3):459—465.

[7] 朱红春,张友顺.陕北黄土高原坡耕地生态退耕经济效益评价与分析[J].水土保持研究,2003,10(2):41—43.

[8] 周　红,缪　杰,安和平.贵州省退耕还林工程试点阶段社会经济效益初步评价[J].林业经济,2003,(4):23—24.

[9] 杨旭东.退耕还林工程效益评价案例分析——以湖北省秭归县中坝村为案例[J].绿色中国,2005,(2):27—29.

[10] 孙德祥,钱栓提,周广阔,等.宁夏盐池半荒漠区沙漠化土地综合治理生态工程效益评价[J].水土保持学报,2003,17(1):80—83.

[11] 焦　峰,温仲明,石　辉,等.黄土高原安塞县土地结构[J].山地学报,2004,22(4):406—410.

[12] 陈源泉,高旺盛.基于农业生态服务价值的农业绿色GDP核算——以安塞县为例[J].生态学报,2007,27(1):250—259.

[13] 董孝斌,高旺盛,严茂超.基于能值理论的农牧交错带两个典型县域生态经济系统的耦合效应分析[J].农业工程学报,2005,21(11):1—6.

[14] 刘梦云,寇宝平,常庆瑞,等.安塞小流域土壤养分分布特征研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(6):21—24.

[15] Odum H T. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making[M]. New York: John Wiley and Sons, 1996.

[16] 严茂超.生态经济学新论[M].北京:中国致公出版社,2001.

[17] 蓝盛芳,钦　佩,陆宏芳.生态经济系统能值分析[M].北京:化学工业出版社,2002.

[18] 陆宏芳,蓝盛芳,陈飞鹏,等.农业生态系统能量分析[J].应用生态学报,2004,15(1):159—162.

[19] 骆世明.农业生态学[M].北京:中国农业出版社,2001.

[20] 张洁瑕,郝晋珉,段瑞娟.现代农业生态系统能值演替分析——以河北省曲周县为例[J].水土保持学报,2005,19(6):141—144,157.

[21] 白　瑜,陆宏芳,何江华,等.基于能值方法的广东省农业系统分析[J].生态环境,2006,15(1):103—108.

[22] 杨　松,孙　凡,刘伯云,等.重庆市农业生态经济系统能值分析[J].西南大学学报(自然科学版),2007,29(8):49—54.

万方数据

Emergy evaluation on ecological and economic systems of converting farmland into forest (grassland) project in loess hilly and gully areas

——A case study of Ansai County

DU Ying[1,3], YANG Gai-he[2,3], LIU Zhi-chao[2,3], FENG Yong-zhong[2,3]

(1. *College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
2. *College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
3. *Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: Emergy analysis is one of the usually employed method to evaluate the input and output of ecosystem. Through analyzing dynamic changes of the emergy input and output before and after implementing the policy of Converting Farmland into Forest and Grassland in Ansai County located in the loess plateau area of Shaanxi Province, the ecological and economical effect of this policy is evaluated quantitatively. It is found that, influenced by the project of Converting Farmland into Forest and Grassland, both the yearly gross input and output emergy value show a increasing trend with only a little decrease in the initial period, and the organic emergy and the unrenewable environment and resources input shows a decreasing trend, which justifies that the Converting Farmland into Forest and Grassland project could have a positive effect on the maintenance of surface soil. In the total emergy output, the emergy output of planting and breading is the largest in quantitative amount. However, with the implementation of Converting Farmland to the Forest and Grassland, the emergy output of the forest begin to increase fast, and the structure of the ecosystem begin to develop in a multi-direction way. Among the main indexes of the ecosystem, emergy investment ratio and environment load ratio exhibit a trend of increasing first, then decreasing a little, and finally lasting increasing. In addition, both the emergy yield ratio and the emergy sustainable indices show a lasting increasing trend with only a little decreasing in the initial period, and the stability of the system exhibits an increasing trend. In conclusion, all those results show that after converting the farmland to the forest and grassland, the ecological pressure of the system begins to decrease, the durability begins to increase, the structure of the system becomes stable, and the system function gets harmonized. All these realize both the success in economical as well as ecological sense.

Keywords: converting farmland into forest; ecological and economic effects; emergy analysis; loess hilly and gully areas

万方数据