

宁夏移民区种植业生态系统的能值分析

——以红寺堡移民开发区为例

韩 瑛¹, 冯文勇^{1,2}

(1. 忻州师范学院 地理系, 山西 忻州 034000; 2. 忻州师范学院区域规划中心, 山西 忻州 034000)

摘 要: 从能值的角度出发, 以宁夏移民区代表区域红寺堡移民开发区 2007 年统计数据与调查数据为基础, 对该区种植业生态系统的能值投入与产出进行首次分析。建立了由环境承载率、净能值产出率、能值投入率和可持续发展指数等构成的评价指标体系, 并与同类地区和一些发达地区进行了对比分析, 结果表明: 该区种植业生态系统能值投入以不可更新的工业辅助能为主, 尤其以化肥为主, 能值投入率、净能值产出率相对较低, 环境承载率较高, 对环境的压力很大; 可持续性发展指数很低, 属于消费型经济系统。基于红寺堡移民开发区种植业系统能值分析的特点, 提出了促进系统可持续发展的对策建议。

关键词: 红寺堡移民开发区; 种植业系统; 能值分析

中图分类号: F307. 1; S181

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0263-04

Analysis of the Energy in Plantation Ecosystem in Immigrator Area of Ningxia

—A Case Study of Hongsibu Immigrator Area

HAN Ying¹, FENG Wen-yong^{1,2}

(1. Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China; 2. Regional Planning Center in Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China)

Abstract: The initial analysis about the energy inputs and emergy outputs of plantation ecosystem from the perspective of energy in immigrator area of Hongsibu, the representative area of Ningxia immigrator area was carried out based on the statistical and survey data of 2007 in this area. The evaluation index system consisting of environmental load ratio, the net emergy yield ratio, emergy investment ratio, and sustainable development index was established. Compared with the similar area and some developmental areas, the analysis showed that the investment of energy in this area was mainly from the non-renewable industrial auxiliary energy, especial fertilizer. The comparatively lower ratio of energy investment and the net emergy yield, and higher load ratio of environmental caused great pressure on the environment. The low index of sustainable development in this plantation belongs to consumer-oriented economic system. Based on the above characteristic of energy analysis of this area, the paper puts forward the strategies and suggestions for promoting the sustainable development of system.

Key words: Hongsibu immigrator development area; plantation ecosystem; energy analysis

能值分析理论是由美国著名生态学家 H. T. Odum 于 20 世纪 80 年代综合系统、生态、能量生态和生态经济原理创立的。能值分析方法克服了传统经济学与能量分析法无法在统一尺度上对不同质的资源进行量化计算的缺陷, 以同一种能量类别(太阳能)来分析系统中能量流动或存储的不同类别, 以及在该系统中的贡献, 从而分析该系统的运行效率^[1]。能值分析

对自然资源的科学评价、合理利用、制定经济发展方针及实施可持续发展战略均具有重要的意义。

本文采用能值分析法对全国最大的生态移民扶贫开发种植业生态系统各种生态流进行系统分析, 进而得出一系列的能值指标, 并与其他地区的种植业生态系统进行对比分析, 目的在于从一种新的视角对该地区种植业生态系统结构和功能进行统一分析, 定

收稿日期: 2009-11-15

资助项目: 国家自然科学基金(40561005); 忻州学院自然科学基金重点资助项目(201008); 山西省教育厅 2009 年高校哲学社会科学研究项目(20082023)

作者简介: 韩瑛(1980-), 男, 山西忻州人, 硕士研究生, 主要研究方向为生态环境与区域可持续发展、旅游文化地理。E-mail: hanying800219@163.com

性地揭示研究区种植业生态系统发展现状及存在的问题,并提出相应的对策建议,为生态脆弱带种植业生态系统的可持续发展提供理论参考。

1 研究区概况

红寺堡移民开发区是全国最大的生态移民扶贫开发。它位于宁夏回族自治区中部,海拔 1 240~1 450 m,区域面积 1 790 km²,已开发土地 128 142 hm²,截止 2008 年底完成生态移民 20 万人。该区气候为干旱荒漠草原气候,干旱少雨,年降雨量为 255 mm,年内降雨分布极不均衡,大部分集中在 7-9 月,约占全年总降雨量的 60%~70%,并多以暴雨、冰雹等灾害形式出现。年日照数为 2 900~3 500 h,是全国第二高值中心(仅次于西藏),≥10℃的总积温为 3 936.9℃。土壤次生盐渍化、土地沙化、地力贫瘠问题突出。农作物以玉米、小麦、稻谷为主^[2]。

2 种植业生态系统能值分析相关数据表的建立

2.1 能值分析表编制

本研究以宁夏红寺堡移民开发区抽样调查农户的 2007 年种植业生态系统中能量投入与产出的原始数据为基础,能量折算系数、能值转换率和计算方法参照相关研究文献^[3-10]。选取可更新的环境资源、不可更新辅助能、可更新有机能等,最终得到各指标的太阳能值,并按投入与产出分类编制,最终形成 2007 年宁夏红寺堡移民开发区样本种植业生态系统能值投入表(表 1)、能值产出表(表 2)。

为了便于观察分析数据,将表 1 与表 2 的各项目合并进行汇总编制,得到红寺堡移民开发区 2007 年种植业生态系统能值投入-产出汇总表(见表 3)

2.2 能值指标体系的建立

为了分析各项投入产出能值所占比例,评价自然环境与辅助能对种植业系统的贡献,将各项投入与产出数据进行相应比较,得出系统太阳能转换率、能值投入率、净能值产出率、环境负载率、可持续性发展指数等能值指标,将这些数据与表达式汇总,编制成 2007 年红寺堡移民开发区能值指标体系(表 4)

3 种植业生态系统能值特征分析

3.1 能指投入分析

由表 1 可知,红寺堡移民开发区 2007 年样本种植业系统能值总流量估算为 1.342×10¹⁸ sej(Solar emjoules, 太阳能焦耳),其中可更新资源、不可更新环境资源、不可更新的工业辅助能、可更新的有机能

值各占总能值投入的 3.67%, 10.63%, 65.18%, 20.52%(图 1)

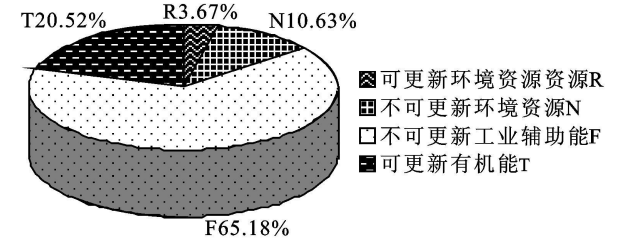


图 1 红寺堡种植业系统能值投入结构

表 1 2007 年红寺堡移民开发区样本种植业生态系统能值投入

项 目	原始	太阳能	太阳能
	数据/J	转化率/(sej/J)	值/sej
太阳能	5.160×10^{15}	1	5.160×10^{15}
雨水势能	2.266×10^{12}	8888	2.014×10^{16}
可更新 环境 资源	雨水化学能 1.309×10^{12}	18199	2.382×10^{16}
	合 计		4.912×10^{16}
不可更新 环境资源	土壤损失 2.283×10^{12}	62500	1.427×10^{17}
不可更新 工业 辅助能	机 械 1.408×10^9	7.500×10^7	1.056×10^{17}
	农 膜 9.162×10^9	6.600×10^4	6.047×10^{14}
	氮 肥 7.368×10^7	4.620×10^9	3.404×10^{17}
	磷 肥 1.894×10^7	1.780×10^{10}	3.371×10^{17}
	复合肥 0.821×10^7	2.800×10^9	2.299×10^{16}
	农 药 0.648×10^7	1.620×10^9	1.050×10^{16}
	化石燃料 3.214×10^{11}	6.600×10^4	2.121×10^{16}
	电 力 2.285×10^{11}	1.590×10^5	3.633×10^{16}
	合 计		8.747×10^{17}
可更新 有机能	人 力 6.896×10^{10}	3.800×10^6	2.620×10^{17}
	蓄 力 2.914×10^{10}	1.460×10^5	4.254×10^{15}
	有机肥 1.385×10^9	2.700×10^6	3.740×10^{15}
	种 子 7.884×10^{10}	6.600×10^4	5.203×10^{15}
	合 计		2.752×10^{17}
总投入能值			1.342×10^{18}

表 2 2007 年 红寺堡移民开发区样本种植业生态系统能值产出

项 目	原始数据(J)	太阳能转化率(sej/J)	太阳能值(sej)
玉 米	8.630×10^{12}	8.52×10^4	7.353×10^{17}
小 麦	5.412×10^{12}	6.80×10^4	3.680×10^{17}
稻 谷	3.143×10^{12}	8.30×10^4	2.609×10^{17}
豆 类	1.174×10^{11}	6.90×10^5	8.101×10^{16}
高 粱	4.271×10^{11}	8.30×10^4	3.545×10^{16}
油 料	8.217×10^{10}	6.90×10^5	5.670×10^{16}
薯 类	1.215×10^{12}	2.70×10^3	3.281×10^{15}
饲草料	5.203×10^{11}	8.00×10^4	4.162×10^{16}
其它作物	6.713×10^{10}	6.90×10^5	4.632×10^{16}
总 计			1.629×10^{18}

注:能值分析所需要的原始数据来源于红寺堡开发区统计局资料、《宁夏统计年鉴》和农户调查(可更新有机能部分)。能量折算标准与计算方法参照相关研究文献^[1-12]。

表 3 2007 年 红寺堡移民开发区样本种植业
生态系统能值投入- 产出

项目	代号	太阳能值/ sej
可更新环境资源	R	4.912×10^{16}
不可更新环境资源	N	1.427×10^{17}
不可更新工业辅助能	F	8.747×10^{17}
可更新有机能	T	2.752×10^{17}
环境资源总投入	$I_1 = R + N$	1.918×10^{17}
总辅助能投入	$I_2 = F + T$	1.150×10^{18}
总能值投入	$I = I_1 + I_2$	1.342×10^{18}
总产值投入	EY	1.629×10^{18}

表 4 2007 年红寺堡移民开发区样本种植业
生态系统能值指标体系

能值指标	表达式	数值
能值投入率	$S = (F + T) / (R + N)$	5.99
净能值产出率	$L = EY / (F + T)$	1.42
环境承载率	$M = (F + T + N) / R$	26.32
系统可持续性发展指数	$Q = EY / (F + T) / (F + T + N)$	0.054

其中不可更新的工业辅助能投入最大, 化肥的投入占工业辅助能总值投入的 80.08%, 居于首位。根据优化施肥的相关知识可以判断当地化肥利用率低, 一定程度上成为种植成本增加的主要原因。化肥的投入不符合经济高效施肥的目标和生产绿色产品的要求, 故应扩大有机肥源, 逐步减少化肥用量。可通过优质秸秆资源的利用途径, 氨化发酵后以秸养蓄, 再以蓄肥养田, 就可以做到保护土壤减少种植成本, 并培肥地力的目的。可更新的有机能值投入比例为 20.52%, 仅次于工业辅助能, 占重要的地位。可更新的有机能值投入中主要的能值投入来自人力, 其能值为 2.620×10^{17} sej, 人力能值投入是机械和化石燃料能值投入的 2.07 倍, 说明红寺堡移民开发区种植业生态系统的生产以人力为主, 机械为辅, 不可更新的环境资源占总能值投入量的 10.63%, 居于第三位, 主要来自土壤次生盐渍化、土地沙化造成的表土层养分损失, 这表明作物的生长受土壤养分损失相对较小, 但也不容忽视, 而主要受工业辅助能投入量的影响。

3.2 能值产出分析

由表 2 可知红寺堡移民开发区 2007 年样本种植业系统总产出能值为 1.629×10^{18} sej, 种植业系统产出能值中玉米、小麦所占比重大(分别为 45.14% 和 22.59%), 稻谷的比重也达到了 16.02%。种植业生产系统的结构应遵循生态经济原则, 运用能值分析方法将各项农作物产出以同一量纲表示后有利于进行整体研究, 对其构成的分析则有助于剖析种植系统中各生产格局合理与否。在红寺堡移民开发区 1.629×10^{18} sej 的产出能值中, 主要农作物能值产出依次为玉米> 小麦> 稻谷> 豆类> 油料> 其它作物(甘草、黄芪等)> 高粱> 薯类, 该年的播种面积依次为: 玉米> 小麦> 稻谷> 高粱> 油料> 豆类> 薯类> 其

它作物(甘草、黄芪等)。由此可见, 从生态经济学角度来看, 其他作物(主要是甘草)、豆类因播种面积小能产高, 在该地区作物结构调整中很具有优势, 应大力发展这两种种植业。

3.3 能值指标体系分析

3.3.1 净能值产出率 该指标是判断系统中社会经济资源利用率高与否的指标, 表明系统生产成本的高低, 净能值产出率越低表明系统生产越依赖系统自有的自然财富基础, 生产越落后。样本种植业系统 2007 年净能值产出率仅为 1.42, 低于重庆 2006 (3.67)、辽宁 2006 年(2.89)的值, 略高于意大利 1989 年(1.13)、广东 1997 年(1.20)、海南 1994 (1.27) 的值^[1-13]。这意味着红寺堡移民开发区种植业系统能值利用率较低, 生产成本较高, 生产者收益相对较小。因而在同等条件下, 其产品在国内市场上相对竞争力弱。

3.3.2 能值投入率 能值投入率表示系统对环境资源利用程度, 用于衡量开发单位本地自然资源需要的反馈能值投入, 还可测知环境资源条件对经济活动的承受力。其值越大表明系统经济发展程度越高; 其值越小说明经济发展水平越低而对环境依赖越强。由表 4 可知, 研究区 2007 年能值投入率为 5.99, 低于意大利 1989 年(7.75)、广东 1997 (6.05)、三水 1997 年(8.72)的值。表明研究区种植业生态系统对资源环境的依赖性大, 且研究区种植业系统每单位无偿环境资源利用只相应投入了较少的购买能值, 导致了其对无偿环境资源的利用效率偏低。因此, 对于研究区而言, 加大工业辅助能值(机械、电力)的投入有利于更好地利用农业资源、提高农业的集约化程度。

3.3.3 环境承载率 环境承载率指购买的和不可更新的本地能值与无偿的环境能值之间的比值, 体现系统对大自然环境压力的大小。较大的比率值表明在系统中存在高度的能值利用, 同时对环境系统保持较大压力。若系统长期处于较高的环境承载率, 将产生不可逆转的功能退化或丧失。如表 4 所示, 研究区 2007 年的环境承载率为 26.32 远远高于 2005 年山西(6.55)、2005 年辽宁(4.33)、宁夏(13.84)及 1998 年全国平均水平(2.80)^[13], 说明研究区种植业的发展对环境压力相当大, 甚至可能会超过生态环境的承载力。因此, 可适当减少某些高能值消耗的农作物的种植面积, 保护生态环境, 减少生产成本, 提高种植效益。研究区种植业系统环境承载率过高的特点提醒我们应该采取一定措施来降低种植业系统的环境承载率, 否则对无偿环境资源的过度利用会引起生态与环境的破坏。

3.3.4 种植业系统可持续性发展指数 基于能值分析的可持续发展指数是对净能产值产出率与环境承载率的相对比较。如果一个地区的生态经济系统净能值产出率高而环境负载率又相对低, 则它是可持续

的,反之是不可持续的,但并不是其值越大系统的可持续性越高,该值处于 1~10 范围则表明系统富有活力和发展的潜力,是可持续发展的,但大于 10 则是经济不发达的象征,小于 1 时为消费型经济系统^[14]。研究区这一指标值为 0.054,表明研究区种植业生态系统属于不可持续的消费型经济系统。

4 可持续发展对策

4.1 增加系统投入,以提高系统能值产出

根据耗散结构理论,任何系统都有自发熵增过程,在人为(不正确行为)干预下,种植业生态系统熵增过程加快。保证该系统有序运转、种植业持续发展,应从人类社会经济系统中输入更多负熵流—辅助能,以补充限制因子,增加种植业生态系统运转的生态资本,使系统内各子系统或各要素间产生协同效应,从而提高系统对自然与经济资源的转化效率、提高种植业生态系统供给能力及对社会经济发展的支撑能力。

能值产出率是判断系统中社会经济资源利用效益高低与否的指标,较少的辅助能值投入,在一定程度降低了种植业生产成本,其产品本应凭较低的市场价格而具竞争力,但系统要素相互关联与作用的结果却使得该系统周围免费自然资源因为有效投入较少而不能被充分利用,达不到最佳利用效率,导致产出率偏低,反而影响了经济效益发挥,低产出抵消了低投入带来的生产成本降低。但目前研究区经济落后与种植业生产比较效益低下的现实限制了生产投入的增加,为改变这一状况,应采取相应措施保证必要的生产投入,提高能值投入,以提高系统净能值产出水平。可更新的资源能值是该区农业持续发展的关键,因此应充分开发自然环境资源,提高太阳能利用率。

4.2 优化辅助能值投入结构,以提高种植业生态经济效益

辅助能值投入的结构与数量决定了种植业产量和生态子系统对能值利用和转化率的高低。其多寡表征了该系统自给能力的强弱。研究区有机辅助能值的投入有一定潜力可控,如推广良种,减少种子用量等,尤为重要是广辟有机肥源,推广秸秆还田,提高人畜粪尿利用率。另外,在增加生产的同时为提高投入能值利用率,农业生产中各项能值的投入应根据当地实际保持恰当比例,如化肥应与有机肥按一定比例配合使用,否则不匹配的能值投入虽然增加生产,但利用效率低,种植业生态经济效益也不高。同时还应该大力引进先进生产技术,推广地膜覆盖,提高机械化水平,实现当地农业现代化。

4.3 调整种植业结构,提高种植业系统能值

受自然条件限制,研究区作物种植结构单一,投入不高,且抵抗自然灾害能力较低,因此调整栽培品

种已成为适应本地自然资源、改善农民经济的主要途径。在种植业产品中,应选择净能值产出率高的作物以提高系统净能值产出水平,中草药甘草、豆类作物是最优选择。故在种植业内部,应消减粮食作物小麦、稻谷等的种植,扩充经济作物的栽种,大规模的发展经济效益好,吸纳劳动力多的甘草、豆类、花圃、籽瓜等作物的种植。

4.4 建立优化、配套的种植业技术科教体系

科学技术属高能值转换率和高能质等级,从本质上讲,种植业的发展最终必须依靠现代农业科技进步。据发达国家统计,农业产值的增长有 60%~80% 来自新科技的应用,而研究区农业科技进步的贡献率很低,相比差距很大。因此,研究区种植业能值的投入重点应集中于加大科技成分的投入,提高劳动者的素质,促进科学技术在农业生产中的推广和应用,合理利用农业自然环境资源。注重农业的整体性和生态合理性,促进物质和能量的良性循环,把传统种植业技术的精华与现代高科技结合起来,建立优化、配套的农业技术科教体系。

参考文献:

- [1] 唐建荣.生态经济学[M].北京:化学工业出版社,2005:82-83.
- [2] 韩瑛,陈忠祥,韩琚,等.宁夏移民区产业结构演进的实际分析[J].山西师范大学学报,2007,21(4):92-97.
- [3] 严茂超.西藏生态经济系统的能值分析与可持续发展研究[J].自然资源学报,1998,13(2):116-125.
- [4] 蓝盛芳,钦佩.生态系统的能值分析[J].应用生态学报,2001,12(1):129-131.
- [5] 沈善瑞,陆宏芳,蓝盛芳,等.三水市农业生态系统经济能值投入产出分析[J].生态环境,2004,13(4):612-615.
- [6] 陈阜.农业生态学[M].北京:中国农业大学出版社,2002:260-261.
- [7] 张耀辉,蓝盛芳,陈飞鹏.海南省农业能值分析[J].农村生态环境,1999,15(1):5-9.
- [8] 董效斌,高旺盛.黄土高原丘陵沟壑区典型县域的能值分析[J].水土保持学报,2003,17(1):89-92.
- [9] 赵晟,李自珍.甘肃省生态经济系统的能值分析[J].西北植物学报,2004,24(3):464-470.
- [10] 刘继展,李萍萍.江苏农业生态系统能值分析[J].农业系统科学与综合研究,2005,12(1):29-36.
- [11] 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,2002:167-169.
- [12] 吴兵兵,米丽娜.宁夏生态经济系统能值分析[J].宁夏大学学报,2008,29(4):358-363.
- [13] 王闰平,荣湘民.山西省农业生态经济系统能值分析[J].应用生态学报,2008,19(10):2262-2263.
- [14] Ulgiate S, Odum H T, Bastianoni S. Energy use, environmental loading and sustainability. An energy analysis of Italy [J]. Ecol. Model, 1994, 73:215-268.