

毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济 系统能值分析

胡兵辉, 廖允成*

(西北农林科技大学 资源环境学院; 农学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 农、牧户单元生态经济系统作为最基层的生产单位, 关系着国家大政方针政策的落实和实施。运用能值理论及其分析方法, 选择毛乌素沙地偏牧区的内蒙古自治区乌审旗苏力德苏木典型牧户生态经济系统和偏农区的陕西省榆阳区牛家梁镇典型农户生态经济系统作为研究对象, 对两种不同产业偏重区产业模式的能值投入、产出结构状况进行对比分析, 结合净能值产出率、能值投资率、环境负荷力、能值功率密度、单位面积生产力、人均能值用量、人均能值占有量、系统生产优势度、系统稳定性指数和系统可持续性指数共 10 项能值分析综合指标体系, 全面系统地对农、牧户单元生态经济系统进行比较研究, 定量描述典型农、牧户单元生态经济系统格局及其发展的总体特征。旨在为毛乌素沙地偏牧区和偏农区农、牧户经营层面的产业模式优化及发展提供策略选择。

关键词: 能值分析; 农、牧户单元生态经济系统; 毛乌素沙地; 不同产业偏重区

文章编号: 1000-0933(2009)09-4902-09 中图分类号: Q14, X24 文献标识码: A

The emergy analysis of the eco-economy system in typical farming and grazing households in Mu Us sandland

HU Bing-Hui, LIAO Yun-Cheng*

College of Resources and Environment; College of Agriculture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4902 ~ 4910.

Abstract: As the most basic production unit, eco-economy systems of farming and grazing households are of significance to the implementation and outcome of national policies. In this paper, eco-economy systems of farming and grazing households, in Mu Us sandland acrossing Inner Mongolia Autonomous Region and Shaanxi Province, were studied by emergy theory and emergy analysis methods. The emergy input and output structure of different industrial models in Wushen banner, where grazing is dominant, and Yuyang district, where farming is the case, have been compared and analyzed. The total characteristics of pattern and development of typical eco-economy systems of farming and grazing households are described and compared quantitatively by net emergy output ratio, emergy investment ratio, environmental loading ability, emergy power density, productivity of unit acreage, emergy cost per capita, emergy possession per capita, system production priority, system stability index and sustainability index. We hope our study could help to provide strategies for development and optimization of farming and grazing household industrial models in farming-dominant zones and grazing-dominant zones of Mu Us sandland.

Key Words: emergy analysis; eco-economy systems of farming and grazing households; Mu Us sandland; zones with different industrial models

基金项目: 国家高等学校科技创新工程重大项目培育资金资助项目(706054)

收稿日期: 2008-10-18; 修订日期: 2008-12-03

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

生态经济系统是由生态系统和经济系统相互交织、相互作用、相互耦合而成的复合系统。在生态系统与经济系统之间有物质、能量和信息的交换,与此同时,还存在着价值流的循环与转换。因而,生态经济系统是一个具有独立的特征、结构和机能的生态经济复合体,并有其自身运动(物质运转、能量转换、信息传递、价值转移)的规律性;是一个能利用各种自然环境资源和社会经济、技术条件,形成生态经济合力,产生生态经济功能和效益的单元^[1,2]。生态经济系统中的系统过程一样具有等级关系,其能量传递与转换,均类似食物链的特性,具有低能质的能量如太阳能、风能、雨能等,经食物链的传递与转换而成为较高能质的能量如生物有机能、电能等,维持人类的生存活动^[3~6]。根据热力学第二定律,在这种传递和转换过程中有许多能量耗散流失,能量的数量递减,但能质和能级在此过程中提高了。故对其过程进行定量评价成为研究的热点。能值分析(emergy analysis)是20世纪80年代后期,美国著名生态学家 Odum H. T. 在能量系统分析基础上创立的新理论和新方法,不仅克服了传统能量分析中不同类别不同性质的能量、物质难于比较和加减的问题,而且开创了从全新角度定量分析资源环境在农业生态经济系统中作用的新领域,并建立了一套科学的理论体系,为准确评价自然环境资源价值提供了科学依据^[7~9]。文章选择毛乌素沙地偏牧区的内蒙古自治区乌审旗苏力德苏木典型牧户生态经济系统和偏农区的陕西省榆阳区牛家梁镇典型农户生态经济系统作为研究对象,它们分别代表了毛乌素沙地两种广泛分布的产业经营模式,具有一定典型性。运用能值分析方法,对毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统的各种环境资源投入和产出进行定量评估,评价环境资源对生态经济系统的影响与贡献及环境资源系统与生态经济系统发展的关系,并分析典型农、牧户单元生态经济系统运行模式的特点,以利于毛乌素沙地不同产业偏重区农、牧户单元产业模式优化选择和决策,为该区县域农业生态经济系统可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

苏力德苏木位于毛乌素沙地中北部,乌审旗西南部,东与嘎鲁图镇相连,南与无定河镇相邻,西与鄂前镇接壤,总面积 3150 km²,是全旗面积最大的苏木(镇),总人口 11646 人。该苏木辖 9 个牧业嘎查,2 个农业村,55 个农牧业社。境内可利用草场面积 25.87 万 hm²,8~10 月份是全放牧期,5~7 月份和 11 月份半舍饲半放牧期,其它月份为舍饲期。年降水量 350~400 mm,年蒸发量约 2400~2600 mm,年平均气温 6~8℃,≥10℃ 积温 2800~3000℃,年平均风速 3.4 m/s,全年日照时数 2800~3000 h。冬、春季降雪稀少,夏秋季雨水集中,年际和年内变化很大,多西北风,风沙频繁,属于半干旱地区。草食畜牧业是全苏木的主要支柱产业。牛家梁镇位于毛乌素沙地东南缘,榆阳区中北部,东与麻黄梁乡相连,南与榆阳乡和刘千河乡接壤,西有小纪汗乡,榆溪河从境内通过,土地面积约 2906 km²,总人口约 1.75 万人,耕地约 2551 hm²,人均耕地约 0.15 hm²。属中温带半干旱大陆性季风气候区,雨少不均,气候干燥;降水主要集中在 6~9 月份,多年平均降水量为 398.45 mm,最大为 692.6 mm,最小为 159.1 mm;年均蒸发量为 2091.58 mm;年均气温 8.32℃,最高气温 38.6℃,最低气温 -32.7℃;春季最大风速为 4.1 m/s,年大风日数为 11.5 d。其种植业规模较大,是种植业与舍饲畜牧业交错发展的典型区域。

2 能值分析流程及计算方法

2.1 能值分析流程

(1) 系统能流图绘制 能量流动关系图反映了系统总体的能量流动过程和关系。由图 1 知苏力德苏木和牛家梁镇均为农牧兼营型产业模式,这与农牧交错区农牧结合的发展方向是一致的。

(2) 研究数据获取 根据系统能流关系图 1,在了解乡镇(苏木)基本情况的基础上,作者于 2008 年 4~5 月份在两研究区分别选择探访并调查了 30 户典型牧户和农户在 2007~2008 年度(指 2007 年 4 月末始至 2008 年 4 月末终,为毛乌素沙地种植业和畜牧业的一个完整生产年度)的基本投入和产出情况。同时收集研究区自然地理和社会经济资料,对调查数据进行统计和整理,便构成本研究的基础数据,其中生产格局见表 1。

(3) 能值分析表编制 列出系统的主要能量输入和输出项目,在此基础上进行能值计算与分析,探讨两

2.2 计算方法

(1) 环境资源的能值投入计算^[11~13]

太阳能值 = 土地面积 × 太阳光辐射量 × (1 - 反射率) × 太阳能值转换率

雨水势能能值 = 土地面积 × 海拔高度 × 降水量 × 水密度 × 重力加速度 × 太阳能值转换率

雨水化学能值 = 土地面积 × 降水量 × 水密度 × 吉布斯自由能 × 太阳能值转换率

风能值 = 土地面积 × 空气层高度 × 空气密度 × 涡流扩散系数 × 风速梯度 × 太阳能值转换率

其中涡流扩散系数的计算公式为 $K_m = U_x L$, 式中, U_x 为摩擦系数; L 为混合长度。空气密度的计算公式为 $\rho = P/R_T(1 + 0.608q)$, 式中, q 为空气的比湿; P 为实测大气压; R_T 为干空气比气体常量。

表土损失能值 = (土地面积 × 表土侵蚀率 - 植被演替面积 × 表土形成率) × 太阳能值转换率

(2) 其它投入产出要素的能值计算^[11] 系统中投入的有机能(劳力、畜力、有机肥等)和工业辅助能(化肥、农药、农机等)以及系统中输出的种植业产品(谷物、牧草、油料等作物)、畜禽产品(猪肉、牛羊肉、禽蛋奶等)、林产品和水产品的能值计算,是将输入和输出物质借助能量折算标准转化为能量,再根据各种物质重量或能量的太阳能值转换率换算为统一的太阳能值。

(3) 有机肥产量的估算^[10] 按照成年人年约产粪便 693kg/a, 其中粪 113.7kg, 尿 579.3kg; 猪年产粪便 3419kg/a, 其中粪 1275kg/a, 尿 2144kg/a; 羊年产粪便约 632kg/a, 其中粪 474kg/a, 尿 158kg/a; 鸡年产粪便 13kg/0.5a(一般鸡从小到大大概 6 个月时间)。

(4) 为了避免以往在产出中重复计算牧草和玉米的能值,本研究把牧草和玉米纳入能值投入的计算,这也是完全复合农牧交错带现代农牧业生产实际的。在毛乌素沙地,玉米籽粒是全部作为精饲料来源的,牲畜在 7~11 月份主要以牧草为草料。

(5) 能值 - 货币价值等于能值除以能值 - 货币比率。文章应用 2003 年内蒙古自治区能值 - 货币比率 2.71×10^{13} sej/\$ 进行计算^[1], 主要由于毛乌素沙地 70% 的面积位于内蒙古自治区,故选择应用该区的能值 - 货币比率能较为真实的反映两地农牧业生产的价值取向。

3 毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统的能值对比分析

模式 I 是位于偏牧区的乌审旗苏力德苏木典型牧户生态经济系统,人均拥有 16.07 hm² 生产性土地面积,其中草场面积就占到 98.28%, 充分体现出其以牧为主的生产特点; 相比模式 II 是位于偏农区的榆阳区牛家梁镇典型农户生态经济系统,人均仅有 0.24 hm² 土地面积,而种植玉米的面积就占到 90.91%, 足以说明其以农为主的产业模式特点。2007~2008 生产年度模式 I 与模式 II 的基本生产格局见表 1。运用各模式的生产统计数据,借助能值理论与方法,进行大量数据运算,得能值分析表 2 和能值指标汇总表 3。

3.1 毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统能值投入结构的对比分析

模式 I 的可更新环境资源、不可更新环境资源、不可更新工业辅助能及可更新有机能分别占系统输入能值总量的 18.83%、0.00%、28.33% 和 52.78%。环境资源总投入占总能值投入(能值自给率)的 18.83%, 能值自给率表达了系统发展依赖自身自然环境的程度。能值自给率越高,说明系统在经济的发展中利用本地自然资源的比重越大。在辅助能值总投入中,可更新有机能占辅助能值投入总量的 65%, 其中天然牧草的能值占有机能总投入的 29%, 劳力占 27%, 秸秆占 23%; 不可更新工业辅助能占辅助能值总投入的 35%, 其中农业机械占工业辅助能投入的 86%。可更新有机能的充分利用,是支持系统发展可持续性的重要能量来源。工业辅助能投入多少一定程度上反映了农牧业生产的发展水平。模式 II 的可更新环境资源、不可更新环境资源、不可更新工业辅助能及可更新有机能分别占系统能值投入总量的 0.34%、0.00%、58.06% 和 41.83%。环境资源能值总投入占总能值投入的 0.34%。在辅助能值总投入中,可更新有机能占辅助能值投入总量的 42%, 其中秸秆的能值占有机能总投入的 46%, 劳力占 17%; 不可更新工业辅助能占辅助能值总投入的 58%, 其中农业机械占工业辅助能投入的 90%。

在模式 I 和模式 II 的环境资源总投入中,其可更新环境资源均占到尽 100%, 不可更新环境资源投入基

表 2 2007~2008 年度毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统能值投入、产出表

Table 2 Energy input and output of typical eco-economy systems of farming and grazing households in Mu Us sandland in yielding year during 2007~2008

项目 Item	原始数据 Raw data		能值转换率 (sej/J, sej/kg) Transformity	太阳能值(sej) Solar emergy		能值 - 货币价值(\$) Em \$ (US \$ in 2003)	
	Mode I	Mode II		Mode I	Mode II	Mode I	Mode II
可更新环境资源(<i>R</i>)				6.78×10^{16}	6.30×10^{14}	2501.85	23.25
(1) 太阳光 Solar	1.46×10^{15} J	3.73×10^{13} J	1 sej/J	1.46×10^{15}	3.73×10^{13}	53.87	1.38
(2) 雨水化学能 Chemical energy of rainfall	1.69×10^{12} J	1.66×10^{10} J	1.54×10^4 sej/J	2.61×10^{16}	2.56×10^{14}	963.1	9.45
(3) 雨水势能 Potential energy of rainfall	4.53×10^{12} J	3.79×10^{10} J	8.89×10^3 sej/J	4.03×10^{16}	3.37×10^{14}	1487.08	12.44
(4) 风能 Wind energy	3.39×10^{10} J	2.86×10^8 J	6.63×10^2 sej/J	2.25×10^{13}	1.90×10^{11}	0.83	0.01
不可更新环境资源(<i>N</i>)			4.57×10^{10}	4.62×10^9	0	0	
(1) 表土损失能 Loss of soil	7.31×10^5 J	7.39×10^4 J	6.25×10^4 sej/J	4.57×10^{10}	4.62×10^9	0	0
工业辅助能(<i>F</i>)				1.02×10^{17}	1.08×10^{17}	3763.84	3985.24
(1) 氮肥 Nitrogen fertilizer	7.91×10^2 kg	6.66×10^2 kg	4.62×10^{12} sej/kg	3.65×10^{15}	3.08×10^{15}	134.69	113.65
(2) 磷肥 Phosphate fertilizer	5.90×10^2 kg	4.26×10^2 kg	1.78×10^{13} sej/kg	1.05×10^{16}	7.59×10^{15}	387.45	280.07
(3) 农药 Pesticide	1.70×10^1 kg	4.70×10^1 kg	1.62×10^{12} sej/kg	2.75×10^{13}	7.61×10^{13}	1.01	2.81
(4) 兽药 Veterinary drug	3.70×10^1 kg	2.70×10^1 kg	1.62×10^{12} sej/kg	5.99×10^{13}	4.37×10^{13}	2.21	1.61
(5) 机械 Machine	1.17×10^9 J	1.29×10^9 J	7.50×10^7 sej/J	8.79×10^{16}	9.68×10^{16}	3243.54	3571.96
(6) 农膜 Film	5.37×10^7 J	4.93×10^7 J	6.60×10^4 sej/J	3.55×10^{12}	3.25×10^{12}	0.13	0.12
(7) 电力 Electricity	7.71×10^7 J	2.84×10^8 J	1.59×10^5 sej/J	1.23×10^{13}	4.52×10^{13}	0.45	1.67
(8) 燃油 Fuel	3.81×10^9 J	6.45×10^9 J	6.60×10^4 sej/J	2.51×10^{14}	4.26×10^{14}	9.26	15.72
有机能(<i>T</i>)				1.90×10^{17}	7.78×10^{16}	7011.07	2870.85
(1) 劳力 Labor	1.34×10^{10} J	3.40×10^9 J	3.80×10^6 sej/J	5.09×10^{16}	1.29×10^{16}	1878.23	476.01
(2) 有机肥 Organic fertilizer	9.05×10^4 kg	7.89×10^4 kg	2.70×10^9 sej/kg	2.44×10^{14}	2.13×10^{14}	9	7.86
(3) 畜力 Animal power	8.67×10^8 J	1.89×10^8 J	1.46×10^5 sej/J	1.27×10^{14}	2.76×10^{13}	4.69	1.02
(4) 种子 Seed	5.19×10^8 J	4.88×10^8 J	6.60×10^4 sej/J	3.43×10^{13}	3.22×10^{13}	1.27	1.19
(5) 秸秆 Straw	1.59×10^{12} J	1.32×10^{12} J	2.70×10^4 sej/J	4.29×10^{16}	3.56×10^{16}	1583.03	1313.65
(6) 饲料 Forage	2.76×10^{11} J	1.99×10^{11} J	1.43×10^5 sej/J	2.07×10^{16}	1.49×10^{16}	763.84	549.82
(7) 人工草 Artificial grass	1.09×10^{11} J	0 J	2.40×10^4 sej/J	2.62×10^{15}	0	96.68	0
(8) 天然草 Natural grass	2.88×10^{12} J	0 J	1.90×10^4 sej/J	5.48×10^{16}	0	2022.14	0
(9) 牛羊仔 Baby cattle, sheep	6.69×10^9 J	2.98×10^8 J	2.00×10^6 sej/J	1.34×10^{16}	5.96×10^{14}	494.46	21.99
(10) 育肥周转猪 Fattening pig	2.63×10^9 J	7.91×10^9 J	1.70×10^6 sej/J	4.47×10^{15}	1.34×10^{16}	164.94	494.46
(11) 仔、幼禽 Baby birds	0 J	1.06×10^7 J	2.00×10^6 sej/J	0	2.13×10^{13}	0	0.79
总投入(<i>I</i>)				3.60×10^{17}	1.86×10^{17}	13284.13	6863.47
初级产出(<i>P</i>)				3.36×10^{12}	9.79×10^{14}	0.12	36.13
(1) 稻谷 Rice	0 J	6.80×10^8 J	8.30×10^4 sej/J	0	5.64×10^{13}	0	2.08
(2) 谷子 Millet	0 J	4.76×10^7 J	3.59×10^4 sej/J	0	1.71×10^{12}	0	0.06
(3) 薯类 Potato	0 J	1.38×10^9 J	2.70×10^3 sej/J	0	3.71×10^{12}	0	0.14
(4) 豆类 Legume	0 J	1.22×10^9 J	6.90×10^5 sej/J	0	8.41×10^{14}	0	31.03
(5) 蔬菜 Vegetable	0 J	2.24×10^9 J	2.70×10^4 sej/J	0	6.04×10^{13}	0	2.23
(6) 西瓜 Watermelon	0 J	3.13×10^8 J	2.70×10^4 sej/J	0	8.44×10^{12}	0	0.31
(7) 木材 Wood	9.62×10^7 J	2.12×10^8 J	3.49×10^4 sej/J	3.36×10^{12}	7.41×10^{12}	0.12	0.27
次级产出(<i>S</i>)				3.53×10^{16}	5.63×10^{16}	1302.58	2077.49
(1) 猪肉 Pork	8.30×10^8 J	2.27×10^{10} J	1.70×10^6 sej/J	1.41×10^{15}	3.86×10^{16}	52.03	1424.35
(2) 羊肉 Mutton	7.30×10^9 J	4.31×10^9 J	4.00×10^6 sej/J	2.92×10^{16}	1.72×10^{16}	1077.49	634.69
(2) 牛肉 Beef	5.23×10^8 J	0 J	2.00×10^6 sej/J	1.05×10^{15}	0	38.75	0
(4) 禽肉 Poultry	0 J	2.52×10^7 J	2.00×10^6 sej/J	0	5.04×10^{13}	0	1.86
(5) 禽蛋 Eggs	0 J	7.17×10^7 J	1.71×10^6 sej/J	0	1.23×10^{14}	0	4.54

续表 2

项目 Item	原始数据 Raw data		能值转换率 (sej/J, sej/kg) Transformity	太阳能值 (sej) Solar energy		能值 - 货币价值 (\$) Em \$ (US \$ in 2003)	
	Mode I	Mode II		Mode I	Mode II	Mode I	Mode II
(6) 皮子 Leather	6.53×10^8 J	4.40×10^7 J	2.00×10^6 sej/J	1.31×10^{15}	8.80×10^{13}	48.34	3.25
(7) 毛绒 Plush	1.98×10^8 J	5.27×10^7 J	4.40×10^6 sej/J	8.71×10^{14}	2.32×10^{14}	32.14	8.56
(8) 奶类 Milk	8.74×10^8 J	0 J	1.70×10^6 sej/J	1.49×10^{15}	0	54.98	0
总产出 (Y)				3.53×10^{16}	5.73×10^{16}	1302.58	2114.39

① R : Renewable resources, N : Nonrenewable resources, F : Purchased supplemental energy, T : Organic energy, I : Total input, P : primary production, S : secondary production, Y : total output; ② 全球能值转换率标准为 15.83×10^{24} sej/a^[21]; The total emergy driving the biogeosphere is the sum of solar, tidal and deep heat sources totaling 15.83×10^{24} sej/a

本为零。可见,研究区农、牧户单元生态经济系统在人为长期干预调控下,使得原本比较严重的水土流失基本上得到了控制。同时,模式 I 辅助能投入占总投能的 81.11%,模式 II 辅助能投入占总投能的 99.89%,可见模式 II 对购买能值更为依靠。两地化肥投入分别占各自工业辅助能投入的 14% 和 10%,是各自有机肥能值投入的 50 多倍。化肥并不是工业辅助能投入的最主要部分,在目前生产实际和合理利用前提下,化肥仍然是两地初级生产力稳步提高的推动力。但化肥可产生农业面源污染和土壤结构破坏,要注意其合理利用的重要性。模式 I 其可更新有机能占能值总投最大,是工业辅助能投入比率的 1.86 倍。模式 II 的不可更新工业辅助能占能值总投最大。反映出牛家梁镇农牧业生产水平较高,系统开放性强,其发展状况与外域支持能力关系密切。而苏力德苏木的农牧业发展水平则相对较牛家梁低,其能值自给率是牛家梁的 55 倍,说明苏力德苏木农牧业发展对当地自然环境资源依赖程度大,利用本地自然资源的比重大。总体来看,模式 I 和模式 II 的能值投入结构多样,但投能比例有差异,体现出农区偏重不可更新工业辅助能,牧区偏重可更新有机能的特点。

表 3 2007 ~ 2008 年度毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统能值综合指标对比

Table 3 The indices of emergy analysis for typical eco-economy systems of farming and grazing households in Mu Us sandland in yielding year during 2007 — 2008

能值指标 Emergy index	表达式 Expression	数值 Number		单位 Unit
		Mode I	Mode II	
可更新环境资源占总投能值 Renewable resources/total input	R/I	18.83	0.34	%
不可更新环境资源占总投能值 Nonrenewable resources/total input	N/I	0.00	0.00	%
工业辅助能占总投能值 Purchased supplemental energy/total input	F/I	28.33	58.06	%
可更新有机能占总投能值 Organic energy/total input	T/I	52.78	41.83	%
能值自给率 ^[14] Emergy self-sufficiency ratio	$(R + N)/I$	18.83	0.34	%
初级生产的产出比率 Primary production/total output	P/Y	0.01	1.75	%
次级生产的产出比率 Secondary production/total output	S/Y	99.99	98.25	%
系统太阳能值转换率 ^[16] Emergy conversion rate	Y/I	0.10	0.31	
净能值产出率 ^[14] Net emergy yield ratio	$Y/(F + T)$	0.12	0.31	
能值投资率 ^[15] Emergy investment ratio	$(F + T)/(R + N)$	4.31	294.92	
环境负荷力 ^[11] Environmental loading ratio	$(N + F)/(R + T)$	0.40	1.38	
能值功率密度 ^[17] Emergy power density	I/Area	3.80×10^{11}	1.43×10^{13}	sej/m ²
单位面积生产力 ^[18] Productivity of unit acreage	Y/Area	3.72×10^{10}	4.41×10^{12}	sej/m ²
人均能值用量 ^[7] Emergy cost per person	$I/\text{Population}$	6.10×10^{16}	3.51×10^{16}	sej/person
人均能值占有量 ^[7] Emergy possession per person	$Y/\text{Population}$	5.98×10^{15}	1.08×10^{16}	sej/person
系统生产优势度 ^[19] Production priority	$\Sigma (Y_i/Y) (Y_i/Y)$	0.69	0.54	
系统稳定性指数 ^[19] Stability index	$-\Sigma \{ (Y_i/Y) \ln (Y_i/Y) \}$	0.74	0.76	
可持续性指数 ^[20] Sustainability index	$Y(R + T)/\{ (F + T) (N + F) \}$	0.31	0.22	

3.2 毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统能值产出结构的对比分析

模式 I 的初级生产能值和次级生产能值分别占总产出能值的 0.01% 和 99.99%。羊肉占次级生产能值的 83%,猪肉和奶类分别各占 0.04%。模式 II 的初级生产能值和次级生产能值分别占总产出能值的 1.75% 和 98.25%。猪肉占次级生产能值的 68%,羊肉占 30%。在能值总投入上,模式 I 是模式 II 的 1.94 倍,但在能值总产出上,模式 II 却是模式 I 的 1.86 倍。这与农、牧户单元生态经济系统的太阳能值转换率有关,模式 I 的系统太阳能值转换率为 0.1,模式 II 的系统太阳能值转换率为 0.31,是模式 I 的 3 倍多。同时可见,苏力德苏木的作物生产系统较为简单,而牛家梁镇的作物生产系统较为多样,产出也较丰富。玉米始终是两地的主要种植作物,因为玉米在毛乌素沙地是一种重要的粮饲兼用作物,具有较高经济产量和良好抗逆性,不仅籽粒产量高,而且保持活秆成熟,利于秸秆青贮,且营养价值丰富,是联系种植业子系统和畜牧业子系统的重要纽带。总体来看,模式 I 和模式 II 由于所处地理位置不同,自然资源条件有差异,导致农牧业生产明显具有趋同性和趋异性。趋同性表现在玉米种植面积均逐渐增加,且全部作为精饲料和秸秆草料流入畜牧业子系统。趋异性表现在动物品种结构的差异上,模式 I 处于牧区,主要以食草型羊、牛业产出为主,模式 II 处于农区,其主要以耗粮型猪、禽业产出为主。

3.3 毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统能值综合指标的对比分析

基于能值分析的能值综合指标体系是建立在输入、输出及反馈能值间运算基础之上的,是进行系统分析、比较研究和得出结论的主要依据。由能值综合指标计算结果知,①模式 II 在毛乌素沙地农、牧户单元经营层面,更具有竞争力和优势,其经济效益较模式 I 为好。相应的,模式 I 的竞争力和优势度较小,回报效益低下。这也说明模式 I 调控优化空间较大,农牧耦合潜势尚未发挥,今后应加大产业结构调整,合理规划,科学布局,理性地用好土地。而模式 II 比较受群众欢迎,尤其生猪养殖有扩大的可能,所以要在合理控制的前提下,进一步优化产业布局,防止产业无序竞争和过度开发。②模式 II 购买能值投入比率极大,无偿能值投入相对太小,说明模式 II 的经济发展程度较高,对环境的依赖性较小。但能值投资率极大时,几乎所有的系统投入都是有偿的,如果价格上涨,则系统的竞争力下降。而模式 I 的经济发展程度较低,社会经济对环境的依赖性强,太低的能值投资率不利于吸引域外资金,进而影响当地资源的开发,今后应在提高初级产出的同时,加快畜群品种结构改良。③模式 II 对自然环境资源的压力远大于模式 I,模式 II 长期处于较高的环境负荷力下,系统有可能产生不可逆转的功能退化或丧失。从能值分析角度看,外界大量的能值输入以及过度开发本地不可更新资源是引起当地农户生态经济系统恶化的主要原因。模式 I 环境负荷力低下,牧户生态经济系统的环境压力小,有着巨大的发展潜力,应适当加大当地购买能值投入,以持续增进系统生产力。④模式 II 的农牧业集约化程度和经济发展等级均较高,其经济活动频繁,能值使用强度大,单位面积能值输入多。模式 I 情况则相反,其经济发展水平低,能值利用强度小,农牧业的集约化水平也较低。⑤模式 II 的产出能力比模式 I 的产出能力的大得多,且产业结构也比较经济合理。⑥模式 II 人均投入能值量少,人均能值产出量却比模式 I 高。说明牛家梁镇地区人民生活水平和经济发展程度均较苏力德苏木地区高。⑦模式 I 的系统生产优势度较模式 II 值大,而模式 II 的系统稳定性指数又比模式 I 稍大。原因是模式 I 的畜产品产出多样且较丰富,但种植业系统却较简单,故应更加注重种植业系统物种和产出多样性,而模式 II 应在稳定种植业生产的同时适当发展草食畜牧业生产;模式 II 的稳定性较高,说明其产业模式内部的能流、物流、信息流的网络连接发达,系统的自我控制和调节反馈能力强,有较强自稳定性,抗外界干扰能力也较模式 I 强。⑧模式 I 和模式 II 的可持续性指数均属消费型生态经济系统范畴,可持续性均较差。但相比之下,模式 I 的可持续性比模式 II 好,这与其偏重自然农、牧业,畜牧业发展水平低下,对系统干扰少有关。

4 毛乌素沙地县域典型农、牧户单元生态经济系统发展的思考

毛乌素沙地农业生态经济系统具有明显的生态过渡性,农牧业生产又具有显著的农牧交错地带性,农牧结合和农牧耦合发展是毛乌素沙地农业生态经济系统的结构特征,农牧矛盾高度紧张是毛乌素沙地农业生态经济系统的功能特征,构建稳定、安全的农牧系统耦合结构是实现毛乌素沙地脆弱性农业生态经济系统稳健

发展的核心问题。

农、牧户单元生态经济系统作为最基层的生产单位,关系着国家大政方针政策的落实和实施。在生态环境脆弱的毛乌素沙地,建立在良好生态环境基础之上的农、牧户经营层面的产业模式优化选择,则成为问题的关键。立足本研究结果,处于偏牧区的模式 I 当前优化选择的关键是:①加快畜群品种结构改良与优化,淘汰老、弱、病残体,提高第二性生产的转化效率,注重疫病防控;②增加人工草地建置,确保冬春饲草料供给,同时扩大草库伦面积,保护天然草地资源(天然草地破坏严重,应以禁牧、恢复、发挥生态功能为主);③推广实施舍饲育肥技术,提高出栏率,并做好冬春棚圈的加固保暖;④控制牛羊数量,发展秸秆“三化”技术,实施草畜平衡战略,提升种养水平。而处于偏农区的模式 II 优化选择的关键是:①合理控制耗粮型畜禽养殖规模的无序扩大,做好畜禽疫病防控;②发展人工草地种植,保护好基本农田;③全面实施设施养殖与育肥技术,加快畜禽周转;④减少农业面源污染,增加有机肥还田比例。

总体上,实行草地农业应是毛乌素沙地农业结构调整的现实途径。草地农业的发展要以人工草地为主,以农业生产方式大量种植人工牧草、辅以饲料作物,替代对天然草地的破坏。系统也将从以往的以作物副产品为主、放牧为主的农牧系统耦合走向今后以草为主、舍饲圈养为主的农牧系统耦合。草业的生产也将更加集约化、规模化和科学化,农牧系统耦合的效率和强度将大大提升。因此,要积极地调整产业结构,按照因地制宜原则发挥地域资源优势,抓住特色产业,继续推进人工草地和基本农田建设,引导农、牧民逐步走向为牧而农,舍饲养殖,平衡草畜,摆脱以粮为主的生产方式,迈向更有市场和生态良好的畜牧业,使其由数量型和自给型向质量型和商品型转变,提高系统净能值产出率和可持续性,降低环境负载率,实现生态和经济的双赢。

References:

- [1] Dong X B, Yan M C, Dong Y, *et al.* Emergy evaluation of the eco-economic system of Inner Mongolia and study on its sustainable development strategy. *Progress In Geography*, 2007, 26(3): 47—57.
- [2] Yan M C. On the new ecological economics — the theory, methods and applications. Beijing: Chinese Publishing House Addressed to the Public, 2001. 2—15.
- [3] Zhou L D, Hu Y X, Yan M C, *et al.* Emergy evaluation of Miyue County as the area of watershed conservation for Beijing. *Progress In Geography*, 2006, 25(5): 94—104.
- [4] Zhang Y H. Emergy analysis method of agro-ecosystem. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(3): 181—183.
- [5] Zhao S, Li Z Z. Study on emergy analysis of Gansu ecological-economic systems. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2004, 24(3): 464—470.
- [6] Duan X F, Xu X G. Emergy analysis for sustainable development of resources Environment-Economy system in the Yellow River Delta. *Progress In Geography*, 2006, 25(1): 45—55.
- [7] Wang M Q, Wang J D, Liu J S. Emergy analysis of the eco-economic systems of west Jilin Province according to the resource and environment gradient. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(4): 507—515.
- [8] Cheng D J, Xu Z M. Emergy analysis of agricultural eco-economic system in arid — A case study of Zhangye Prefecture in Heihe River. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(4): 374—379.
- [9] Lan S F, Odum Howard T, Liu X M. Energy flow and emergy analysis of the agroecosystems of China. *Ecologic Science*, 1998, 17(1): 32—39.
- [10] National Agricultural Technology Promotion Service Center. Chinese organic fertilizer nutrients records. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1999. 3—48.
- [11] Ji R H, Kang W X. Emergy analysis of agricultural eco-economic system in south Hilly region: A case study of Hengdong County. *Journal of Central South Forestry University*, 2006, 26(6): 49—55.
- [12] Liang S S, Zhang C Z, Li S Q, *et al.* Assessment on and approaches to farmland sustainability via emergy value in Xi'an City. *Resources and Industries*, 2007, 9(6): 36—40.
- [13] Zhang C T, Qin P, Wan S W. Emergy analysis of spartina alterniflora ecological engineering. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 2000, 36(5): 592—597.
- [14] Li F, Lin H L, Chang S H. Emergy evaluation on the cropping mode and the cropping-breeding coupled mode in the ecotone between farming and pasturing areas. *Acta Agrestia Sinica*, 2007, 15(4): 322—326.

- [15] Du P, Xu Z M. Emergy analysis and sustainability assessment of ecological-economics system in Gansu Province. *Advances In Earth Science*, 2006,21(9):982—988.
- [16] Qin H L, Gao W S, He W Q. Emergy analysis of the farming system in the semi-arid area where farming and animal husbandry crisscross — with Wuchuan County as an example. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2005,23(1):157—161.
- [17] Zhang X P, Guo Y Q, Zhang Y. Sustainable development of sandland eco-economy system in west of Heilongjiang Province based on emergy analysis — taking Tailai as an example. *Scientia Geographica Sinica*, 2006,26(2):160—164.
- [18] Dong X B, Gao W S, Sui P, *et al.* Energy analysis on typical peasants household system in the ecotone between agriculture and pasture in North China. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2006,20(4):78—82.
- [19] Lan S F, Qin P, Lu H F. Emergy analysis of eco-economic system. Beijing: China Social Press, 1992. 37—78.
- [20] Liu Z F, Wen Y X, Ren W W. Sustainability evaluation of Chongming Island's social-economic-natural complex ecosystem based on emergy analysis. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006,15 (Supplement 1):11—16.
- [21] Odum H T, Brown M T, Williams S B. Handbook of emergy evaluation: a compendium of data for emergy computation issued in a serie of folios. Folio No.1-Introduction and Global Budget. Gainesville: Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida; 2000. 16.

参考文献:

- [1] 董孝斌,严茂超,董云,等. 基于能值的内蒙古生态经济系统分析与可持续发展战略研究. *地理科学进展*, 2007,26(3):47~57.
- [2] 严茂超. 生态经济学新论——理论、方法与应用. 北京:中国致公出版社,2001. 2~15.
- [3] 周连第,胡艳霞,严茂超,等. 生态经济系统能值分析——以北京密云县为例. *地理科学进展*, 2006,25(5):94~104.
- [4] 张耀辉. 农业生态系统能值分析方法. *中国生态农业学报*, 2004,12(3):181~183.
- [5] 赵晟,李自珍. 甘肃省生态经济系统的能值分析. *西北植物学报*, 2004,24(3):464~470.
- [6] 段晓峰,许学工. 黄河三角洲地区资源-环境-经济系统可持续性的能值分析. *地理科学进展*, 2006,25(1):45~55.
- [7] 王明全,王金达,刘景双. 不同资源环境梯度下吉林西部生态经济系统能值分析. *自然资源学报*, 2007,22(4):507~515.
- [8] 陈东景,徐中民. 干旱区农业生态经济系统的能值分析——以黑河流域中游张掖地区为例. *冰川冻土*, 2002,24(4):374~379.
- [10] 全国农业技术推广服务中心,编著. 中国有机肥料养分志. 北京:中国农业出版社,1999. 3~48.
- [11] 姬瑞华,康文星. 南方丘陵区县域农业生态经济系统的能值分析——以衡东县为例. *中南林学院学报*, 2006,26(6):49~55.
- [12] 梁姗姗,张承中,李双强,等. 基于能值分析的西安市农业用地可持续性评估与对策研究. *资源与产业*, 2007,9(6):36~40.
- [13] 张晟途,钦佩,万树文. 互花米草生态工程能值分析. *南京大学学报(自然科学版)*, 2000,36(5):592~597.
- [14] 李飞,林慧龙,常生华. 农牧交错带种植模式与种养模式的能值评价. *草地学报*, 2007,15(4):322~326.
- [15] 杜鹏,徐中民. 甘肃生态经济系统的能值分析及其可持续性评估. *地球科学进展*, 2006,21(9):982~988.
- [16] 秦红灵,高旺盛,何文清. 北方农牧交错带半干旱区种植业系统能值分析——以武川县为例. *干旱地区农业研究*, 2005,23(1):157~161.
- [17] 张雪萍,郭艳清,张毅. 基于能值分析的黑龙江省西部沙地生态经济系统的可持续发展研究——以泰来县为例. *地理科学*, 2006,26(2):160~164.
- [18] 董孝斌,高旺盛,隋鹏,等. 北方农牧交错带典型农户系统的能值分析. *干旱区资源与环境*, 2006,20(4):78~82.
- [19] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析. 北京:中国社会出版社,1992. 37~78.
- [20] 刘增富,温逸馨,任文伟. 基于能值分析的崇明岛“社会-经济-自然”复合生态系统可持续评估. *长江流域资源与环境*, 2006,15(增1):11~16.