

基于能值理论的榆林市耕地可持续利用评价

杨梅焕¹, 曹明明², 朱志梅²

(1. 西安科技大学测绘科学与技术学院, 陕西 西安 710054; 2. 西北大学城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

摘要:应用能值理论对榆林市2003—2007年耕地系统的可持续性进行了评价。结果表明,在研究期内,榆林市耕地系统能值总投入并未大幅变动,其中购买能值投入逐年增加,不可更新资源环境投入呈降低趋势,2004年后购买能值所占比重最大,不可更新资源能值投入次之;对能值指标进行分析可以得到,该区域的发展更多地依赖于自然资源的投入,但依赖程度呈逐步降低的趋势。通过与其它区域耕地系统的对比可以得到,榆林市耕地系统存在发展水平较为滞后,农业机械化水平较低,发展严重依赖于自然资源的投入等问题;兼顾到该区域的农业发展水平并为维持区域的可持续性发展,提出该区域应大力发展有机农业和特色农业,在适度增加购买能值的基础上维持其可持续性。

关键词:耕地系统;能值代数;能值指标;可持续性发展;榆林

中图分类号: F301.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0227-07

随着我国工业化、城市化进程的快速发展,土地系统,尤其是耕地系统受到越来越大的冲击。对耕地空间的进一步压缩必然会影响到粮食安全,人口、资源、环境、经济的可持续性也必然会降低。因此,如何合理开发利用耕地,实现耕地系统的可持续利用对于我国社会-经济-环境复合系统的可持续发展具有重要的意义。许多学者从不同的研究角度对不同地域的耕地可持续利用进行了评价,其研究主要集中在通过对耕地利用方式的空间、过程和动态分析,进行社会、经济和生态评价^[1]。还有一些学者提出了新的评价方法以应对耕地可持续利用评价的需要,牛海鹏等^[2]利用生态学理论,提出了耕地生态元和耕地生态位的概念,并构建了耕地可持续利用生态位适宜度评价模型;舒帮荣等^[3]在传统评价方法基础上结合能值理论建立了新的评价指标体系,对南京市的耕地可持续性进行了评价。这里所用到的能值理论由于能够充分地考虑自然资源对于系统产出的投入以及能够有效地把不同种类和质量的物质置于一个共同的基础上进行评价,因此受到了研究者的重视。

榆林地区是我国能源化工基地和退耕还林还草政策的重点区域,在资源开发和环境保护的双重压力下,该区耕地面积不断减少。因此,如何合理配置有限的耕地资源,实现区域耕地的高效和可持续性生产和利用具有重要的现实意义。目前,有学者对

该区域耕地系统多年的净第一性生产力进行了研究^[4],也有学者应用能值理论对该区域的生态经济系统进行了研究^[5],但这些研究并没能揭示该区域耕地系统在可持续性上的表现。此外,能值理论虽由于具有独特的性质使其得到了广泛的应用,然而,其在多产品系统中的全额继承性在国内的相关应用中比较少见。本研究基于严谨的能值理论分析步骤,同时严格遵守能值理论多产品的全额继承特性,在纵向的时间序列对比和横向的区域性对比基础上对榆林市耕地系统的可持续性进行了研究,以期为该区域耕地系统的可持续发展提供建议。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区简介

榆林市位于陕西省北部,地处东经107°28'~111°15'、北纬36°57'~39°35'之间,该区东西长385 km,南北宽约263 km,总面积43 578 km²。在地质构造上属华北地台的鄂尔多斯台斜、陕北台凹的中北部,地势由西部向东南倾斜,西南部平均海拔1 600~1 800 m,其他各地平均海拔1 000~1 200 m,地貌分为风沙滩区、黄土丘陵沟壑区两大类。榆林市2003—2007年耕地和基本农田保有量表1。

1.2 研究方法

1.2.1 能值及其指标 任何资源、劳务和产品的形成直接或间接所需的太阳能,就是其所具有的太

收稿日期:2011-12-09

基金项目:国家自然科学基金(30700648);西安科技大学培育基金(2010006);西北大学研究生创新基金(08YZZ27)

作者简介:杨梅焕(1982—),女,山东济宁人,讲师,博士,研究方向为资源环境与可持续发展。E-mail: ymh8307024@163.com。

阳能值 (solar emery), 单位以太阳能焦耳 (sej) 表示^[6-7]。能值分析中常用太阳能转换率 (sej/J 或 sej/g) 作为各物质或能量的转换单位, 太阳能转换率被定义为单位物质或能量所含的太阳能的量, 是能值分析中的关键性参数。能值转换率与系统的能量

质量和等级密切相关, 一般而言, 处于自然生态系统和社会经济系统较高层次上的产品或生产过程具有较大的能值转换率; 换言之, 能值转换率越高的物质或能量, 其能值或能级也越高。

表1 榆林市 2003—2007 年耕地保有量 (hm²) 变化表

Table 1 Change of cultivated land in Yulin in 2003—2007

年份 Year	耕地面积 Cultivated land	基本农田面积 Basic farmland	其中			
			旱地面积 Dryland	菜地面积 Vegetable field	水田面积 Paddy field	水浇地面积 Irrigated field
2003	961337.17	485355.63	393688.58	415.73	1836.07	57487.66
2004	997836.85	646062.51	412500.55	407.43	2136.07	57613.26
2005	978893.91	646062.51	458826.56	454.47	2135.87	55037.12
2006	978887.75	717256.22	534592.35	454.47	2135.87	59687.66
2007	976375.40	732337.82	532134.26	454.47	2135.87	59876.95

能值分析对系统的评价是通过能值指标来进行的, 能值指标能够有效地评价系统的效率及其在社会、经济、环境方面的表现。一些学者^[7-9]已经提出了不同的系统指标以评价系统在不同方面的表现。当能值理论应用于耕地系统中时, 可将耕地系统的

投入分为四类: 可再生资源 (R)、不可再生资源 (N)、购买能值 (F) 和劳务及服务能值 (S)。

考虑到耕地系统特点, 本研究提取以下几个能值指标来评价耕地系统, 见表 2。

表2 农业系统相关能值指标及其含义

Table 2 Emery indicators and their meanings in agricultural system

指标 Indicator	表达 Expression	含义 Meaning
能值转换率 Tr Transformity	$Tr = Y(sej) / Y(J)$	表明了物质在系统中的等级位置, 能够衡量生产过程的效率。 It indicates the hierarchical position of an item in the thermodynamic scale and can be regarded as a quality factor of a system.
能值密度 ED Emery density	$ED = U / Area^*$	该指标衡量了能值流在过程或系统中的空间聚集度, ED 越高, 表明该系统经济发展越高, 在整个经济系统中所处的等级位置也越高。 This ratio is a measure of spatial concentration of emery flow within a system and indicates the intensity and hierarchy of the economic development of the system being evaluated.
能值产率 EYR Emery yield ratio	$EYR = Y / F$	该指标越高, 表明单位产出需要越多的能值投入, 且系统具有更高的生产效率。 The higher the value of EYR , the greater the return obtained per unit of emery invested, and so the system has higher production efficiency.
能值自给率 ESR Emery self-support ratio	$ESR = (R + N) / U$	该指标表明了环境对系统的贡献。该指标越高, 表明系统会更多地依赖于自然资源的投入, 并且在具有更多的能值投入的时候拥有更好的潜力来提升生产力。 This ratio indicates the environmental contribution to a system. The system with higher ratio depends more on the free environment and has more potential to raise productivity.
能值投资率 EIR Emery investment ratio	$EIR = (F + S) / (R + N)$	该指标值越低, 表明其产品的经济价值越低, 因此具有低 EIR 值的系统在市场上更具有竞争力。 The less the ratio, the less the economic costs. So the process with lower ratio tends to be more competitive in the market.
环境承载力 ELR Environmental loading ratio	$ELR = (N + F + S) / R$	该指标表明了系统对环境服务的利用程度, 即系统对环境的压力。越高的 ELR , 表明系统对环境的压力越大。 It represents the use of environmental services by a system and indicates a load on the environment. The higher the ratio is, the greater the stress on the environment is.
可持续性指数 ESI Environmental sustainability index	$ESI = EYR / EIR$	该指标表明了系统具有经济和生态的兼容性, 指标越高, 系统的可持续性越高。 The ESI takes both ecological and economic compatibility into account. The larger the ESI is, the higher the sustainability of a system is.

注: Area 为耕地系统面积。

Note: Area means that of the cultivated land system.

1.2.2 全额继承性 能值流存在于所有的系统中,其在系统中的流动必然遵循一定的规律。Science-man, Odum 和 Brown and Herendeen 等提出“能值代数”以规范能值流在系统中的流动状态,进而为正确的评价系统做出贡献^[7,10-11]。

能值代数认为系统的产出必将全额地继承系统的投入,这是由能值的基本特性所决定的。对能值理论而言,产品的能值必然包含为了生产该产品而

投入的全部能值,此即能值的全额继承特性。

2 结果与分析

2.1 榆林市耕地系统能量图

通过对榆林市耕地系统的能值流状况进行分析可以得到其系统能量图,该图使用现已得到广泛应用的能量系统符号语言^[7,12]绘制而成,如图1所示。

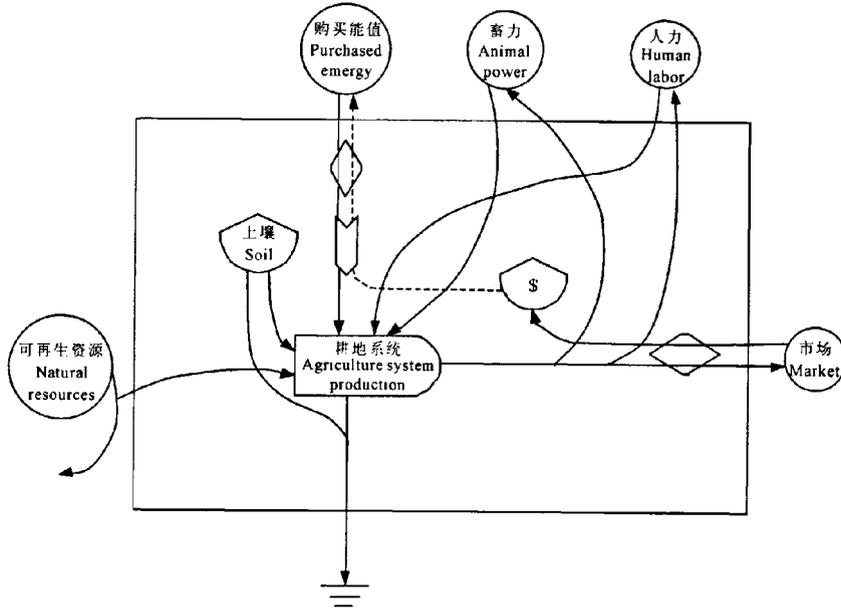


图1 榆林市耕地系统能量图

Fig.1 Energy flow diagram for cultivated land of Yulin area

2.2 榆林市耕地系统投入-产出能值流

考虑到榆林市耕地系统2003—2007年之间各年详细能值投入-产出表的一致性,本研究仅列举了榆林市耕地系统2003年的能值投入-产出表,如表3所示。另列举了2003—2007年榆林市耕地系统各年的能值投入-产出分项表,如表4所示。

表3中,对于人力的计算本研究参考了其他学者的研究。Rydberg 和 Haden 认为应将所有支持人力的资源投入作为生产过程的组成,因此投入给农业人口以维持其生活的所有能值流应当被归纳到评价中^[13]。Ulgiati 等指出,人力可以被认为是经济和自然系统的产品,因此,人力是由购买能值和人力与服务两部分构成^[14]。本研究中,通过调查得到当地支持人力的大部分生活资料来源于其它区域,因此,全部人力的80%被归入购买能值项,剩下的人力被归入人力与服务项。

由表3可知,榆林市耕地系统2003年最大的能值投入项为不可再生资源,占到了总投入的33.66%,表明该区域的水土流失现象较为严重,需要进一步改善水土流失状况。购买能值占到了总投入的33.15%,这似乎表明了榆林市耕地系统由于大量购入生产生活资料使得其种植业发展水平较高,然而,对其深入进行研究发现,对人力的投入占到了购买能值的48.49%,占总能值投入的16.07%;而代表了农业机械化水平的柴油和农机动力量项只占到了购入能值的12.40%,占总能值投入的4.11%,这说明该区域耕地系统发展较为落后。对该区域耕地系统农产品能值转换率的分析可以看到,经济作物的能值转换率比一般作物的能值转换率基本上高一个数量级,这表明该区域经济作物的产出较低,即种植面积较少。

表 3 榆林市耕地系统 2003 年能值投入 - 产出表
Table 3 Energy input - output for Yulin's cultivated land in 2003

编号 Number	项目 Item	原始数据 (unit/a) Raw data	能值转换率 T_r (sej/unit) Transformity	能值 (sej/a) Energy
可再生环境资源 R Renewable resources				
1	太阳能 Sunlight (J)	2.15E + 20	1	2.15E + 20
2	风能 Wind (J)	1.80E + 16	1496 ^[7]	2.70E + 19
3	雨水势能 Rain, geopotential energy (J)	2.66E + 16	10500 ^[7]	2.79E + 20
4	雨水化学能 Rain, chemical energy (J)	8.32E + 15	18200 ^[7]	1.51E + 20
5	地球循环 Earth cycle (J)	2.50E + 14	58000 ^[7]	1.45E + 19
	小计 Subtotal			4.45E + 20
不可再生环境资源 N Nonrenewable resources				
6	表土层净损失 Net topsoil loss (J)	1.26E + 16	62500 ^[7]	7.87E + 20
	小计 Subtotal			7.87E + 20
购买能值 F Purchased energy				
7	化肥 Fertilizer (g)	8.24E + 10	2.80E + 09 ^[7]	2.31E + 20
8	农药 Pesticides (g)	2.49E + 07	1.48E + 10 ^[12]	3.69E + 17
9	柴油 Diesel (g)	7.88E + 14	1.06E + 05 ^[15]	8.36E + 19
10	农机总动力 Tools (J)	1.87E + 09	6.70E + 09 ^[16]	1.25E + 19
11	农膜 Plastic mulch (g)	2.27E + 08	3.20E + 09 ^[16]	7.26E + 17
12	种子 Seeds (g)	7.71E + 10	9.23E + 08 ^[16]	7.12E + 19
13	人力 Human labor (J)	4.94E + 14	7.60E + 05 ^[14]	3.76E + 20
	小计 Subtotal			7.75E + 20
劳力和服务 S Labor and services				
14	人力 Human labor (J)	1.24E + 14	7.60E + 05 ^[14]	9.40E + 19
15	畜力 Animal power (J)	3.12E + 14	7.60E + 05 ^[15]	2.37E + 20
	小计 Subtotal			3.31E + 20
	总投入 Total			2.34E + 21
能值产出 Y Output				
一般作物 G General crops				
	一般作物 General crops (J)	9.41E + 15	2.48E + 05	2.34E + 21
经济作物 E Economic crops				
	经济作物 Economic crops (J)	1.37E + 15	1.71E + 06	2.34E + 21

表 4 榆林市耕地系统 2003—2007 年能值投入 - 产出分项表
Table 4 Items for energy input-output for Yulin's cultivated land in 2003—2007

项目 Items	2003	2004	2005	2006	2007
可再生环境资源 R Renewable resources (sej/a)	4.45E + 20	4.46E + 20	4.45E + 20	4.55E + 20	4.98E + 20
不可再生环境资源 N Nonrenewable resources (sej/a)	7.87E + 20	7.18E + 20	7.00E + 20	6.95E + 20	6.82E + 20
购买能值 F Purchased energy (sej/a)	7.75E + 20	7.91E + 20	8.18E + 20	8.21E + 20	9.06E + 20
劳力和服务 S Labor and services (sej/a)	3.31E + 20	3.29E + 20	2.56E + 20	3.21E + 20	2.52E + 20
总投入 U Total input (sej/a)	2.34E + 21	2.28E + 21	2.22E + 21	2.29E + 21	2.34E + 21
总产出 Y Total output (sej/a)	2.34E + 21	2.28E + 21	2.22E + 21	2.29E + 21	2.34E + 21
一般作物 G General crops					
能值转换率 Transformity (sej/J)	2.48E + 05	2.26E + 05	2.77E + 05	2.74E + 05	2.17E + 05
能值 Energy (sej/a)	2.34E + 21	2.28E + 21	2.22E + 21	2.29E + 21	2.34E + 21
经济作物 E Economic crops					
能值转换率 Transformity (sej/J)	1.71E + 06	1.16E + 06	1.25E + 06	1.26E + 06	1.24E + 06
能值 Energy (sej/a)	2.34E + 21	2.28E + 21	2.22E + 21	2.29E + 21	2.34E + 21

由表4可以知,从2003年到2007年,榆林市耕地系统的不可再生环境资源在不断地降低,由2003年的33.65%降低到2007年的29.18%,这虽然有购入能值增加导致不可再生环境资源所占比重降低的原因,但仍然显示出近年来在该区域推行的退耕还林工程使得区域内水土保持较好,减少了表土中所含有机物质的流失。但不可否认的是不可再生资源所占比重仍然较高,水土保持和退耕还林仍是当地需要进行的工作。

榆林市耕地系统的购买能值在2003—2007年之间一直持续上升。其中人力所占购买能值的比例从2003年的48.49%逐渐下降到43.62%,而代表了农业机械化水平的柴油和农机总动力项则从12.40%略降后缓慢上升到14.69%。这两项变化趋势表明该区域内农业机械化水平在逐渐增加,而被

替代的人力呈缓慢下降的趋势。

通过对该区域内农产品的能值转换率进行分析发现,一般作物的能值转换率有略微上升的趋势;而经济作物的能值转换率总体上呈降低趋势,表明该区域内近年来逐渐增加了经济作物的种植面积,农业种植朝着多样化的方向发展。

3 评价与讨论

通过计算榆林市耕地系统2003—2007年的主要能值流得到了其指标值,如表5所示。另外,本研究选取了内蒙古的一个作物生产系统(农业不发达地区)^[15]、意大利的农业系统(农业发达地区)^[14]和美国的一个作物生产系统(农业发达地区)^[16]作为对比对象,以进一步分析榆林市耕地系统的发展状况。

表5 榆林市耕地系统与其它三个区域的能值指标值

Table 5 Comparison of emergy indicators for Yulin's cultivated land and three literature agricultural systems

区域 Area	ED (sej/hm ²)	EYR	ESR	EIR	ELR	EIS	
榆林市 Yulin area	2003	4.41E + 15	3.02	0.53	0.90	4.25	0.71
	2004	4.01E + 15	2.89	0.51	0.96	4.12	0.70
	2005	4.02E + 15	2.71	0.52	0.94	3.99	0.68
	2006	4.04E + 15	2.79	0.50	0.99	4.04	0.69
	2007	4.56E + 15	2.58	0.50	0.98	3.70	0.70
内蒙古 Inner Mongolia (2000)	5.91E + 15	2.13	0.53	0.88	1.62	1.32	
意大利 Italy (1989)	8.98E + 15	1.17	0.15	5.83	6.35	0.18	
美国 America (2006)	1.21E + 16	1.07	0.07	13.88	18.83	0.06	

3.1 榆林市耕地系统的指标评价

榆林市耕地系统的能值密度(ED)在2003—2007年之间存在先降后升的趋势,但变化幅度不大。该区域的能值密度与相邻区域内蒙古(5.91E + 15 sej/hm²)相比,其值略小,远小于农业系统发达的意大利(8.98E + 15 sej/hm²)和美国(1.21E + 16 sej/hm²),表明该区域农业发展水平较为落后,需要借助于该区域能源发展的动力加速其农业的发展。

榆林市耕地系统的能值产率(EYR)在2003—2007年之间不断降低,表明该区域在不断增加其购入能值,使其对系统产出的贡献越来越大,但也使系统产品的竞争力逐步下降。该区域的EYR值远高于意大利(1.17)和美国的一个谷物生产系统(1.07),这说明了该区域农业系统的发展主要依赖于当地自然资源,购入能值投入较少。仅就提升该区域的农业发展而言,需要继续增加来自经济系统的购买能值的投入。

榆林市耕地系统的能值自给率(ESR)在2003—2007年之间逐渐降低,表明该区域内随着不可再生资源降低和购买能值的增加导致其自给率在不断降低,且由于近年来该区经济发展较快,退耕还林措施得力等原因使得自给率的降低趋势表现得较明显。与其它区域对比可知,榆林市耕地系统对于当地资源的利用与邻近区域的内蒙古(0.53)相当,但远低于农业发达地区的意大利(0.15)和美国(0.07),表明该区域农业系统的发展仍然较严重依赖于自然资源,来自经济领域的投入仍然较少。

榆林市耕地系统的能值投资率(EIR)在2003—2007年之间呈逐渐上升的趋势,同样表明该区域从经济系统购入能值不断增加。与其它区域农业系统进行比较可以看到,榆林市耕地系统的能值投资率略高于内蒙古(0.88),但显著低于意大利(5.83)和美国(13.88),这同样表明该区域相较发达地区存在巨大的差距。

榆林市耕地系统的环境承载力(ELR)在 2003—2007 年之间存在先降后升的趋势,整体存在一定程度的降低。这种情况表明尽管榆林市耕地系统增加了购买能值的投入,但由于近年来植树造林等工程较大地改善了当地的水土流失状况,使得增大购买能值产生的不可持续性被退耕还林所带来的可持续性所抵消,就近期来看,使得环境承载力有所降低;然而,随着退耕还林工程的逐渐稳定以及购买能值的逐渐增大,必然会导致其环境压力逐渐增大。榆林市耕地系统环境承载力虽然大于内蒙古(1.62),但小于意大利(6.35)和美国(18.83),表明其依然存在一定的发展潜力,但潜力很小。

榆林市耕地系统的可持续性指数(EIS)在 2003—2007 年之间先降后升,整体有下降的趋势,主要原因是由于能值产率降低较快,而环境承载力变化不明显所导致。所以,来自经济系统的购买能值的增加产生的不可持续性在能值的可持续性指标上体现了出来。该区域耕地系统的可持续性指数低于内蒙古(1.32),但远高于农业发达地区的意大利(0.18)和美国(0.06),表明强烈地依赖于农业机械化会使得农业系统的可持续性严重降低,对于区域的可持续性发展有严重的阻碍作用。这也说明鉴于该区域脆弱的自然生态环境,必然不能走一条农业机械化之路,而需要进行更多地探讨以便寻找榆林市耕地系统的发展之路。

3.2 榆林市耕地系统可持续性的讨论

通过上述分析可以了解到,榆林市耕地系统近年来稳步发展,但相较发达地区依然处于较为落后的状态,即较多地依赖于自然资源,购入能值较小,农业机械化水平较低;但对环境的压力适中,可持续性指数较高,但整体呈微弱降低的趋势。按照传统的做法,维持退耕还林的成果,增加购买能值,提升农业机械化水平能够有效地促进当地耕地系统的发展,然而,购买能值的增加必然导致当地可持续性的降低,尽管短期可以收到一定的经济效益,但就当地的长期发展而言是不具备可持续性的,况且当地自然环境条件较为脆弱,更容易使其受到不可逆转的损害。

鉴于榆林市耕地系统较为特殊的情况,同时环境承载力指标表明该区域仍具有一定的发展潜力,本研究认为该区可适度增加购买能值,在达到一定农业机械化水平上大力发展有机农业,充分地利用

有机肥料以降低不可再生生产资料的投入,提升区域耕地系统整体的可持续性;另外,引进节水灌溉等措施应付当地缺水的弊端,以及发展特色农业以有效地提升当地农业收入都对该区耕地系统的可持续发展具有一定的促进作用。

4 结 论

本研究应用能值理论,通过时间序列的纵向对比以及不同国家和地区耕地系统的横向对比对榆林市耕地系统进行了分析,评价其发展状况并为实现该区域的可持续性提出了建议。本研究的主要结论如下:

研究期内,研究区域的能值投入中不可再生环境资源项的投入较大,表明该区域的水土流失现象较为严重,土壤有机物质损失较多,但从时间序列上的逐步降低可以看到由于退耕还林等措施的实施使得区域的水土流失现象有所缓解。2004 年后,榆林市耕地系统的能值投入中购买能值投入所占比重最大,但代表当地农业机械化水平的能值投入仍然较小,说明当地农业发展较为落后。

通过对该区域的能值指标进行分析可以得到,该区域的发展更多地依赖于自然资源的投入,但依赖程度呈逐步降低的趋势。由于购买能值的增加和退耕还林工程的双重作用,导致环境承载力的变化不是很明显,但通过可持续性指数降低的趋势可以表明,购买能值的增加影响到该耕地系统的可持续性发展。

考虑到环境承载力指标表明该系统存在一定的发展潜力,本研究提出应适度增加来自经济领域的购买能值、大力发展有机农业以维持其耕地系统的可持续性,同时发展特色农业以增加其农业收入,实现耕地开发利用过程中经济效益、环境效益和生态效益的统一。

参 考 文 献:

- [1] 范小杉,高占喜.中国农业生态经济系统能值利用现状及演变态势[J].干旱区资源与环境,2010,24(7):1-9.
- [2] 牛海鹏,赵同谦,张安录,等.基于生态位适宜度的耕地可持续利用评价[J].生态学报,2009,29(10):5535-5543.
- [3] 舒帮荣,刘友兆,陆效平,等.能值分析理论在耕地可持续利用评价中的应用研究——以南京为例[J].自然资源学报,2008,23(5):876-875.
- [4] 莫宏伟,刘礼英,任志远,等.农牧交错区耕地净第一性生产力动态变化研究——以陕西榆林市榆阳区为例[J].干旱地区农

- 业研究, 2007, (1):15-20.
- [5] 王伟平. 基于能值分析的榆林市生态经济系统可持续发展研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2010.
- [6] Odum H T. Self-organization, transformity and information[J]. *Science*, 1988, 242(4882):1132-1139.
- [7] Odum H T. Environmental accounting: energy and environmental decision Making[M]. Wiley: New York, 1996.
- [8] Brown M T, Buranakarn V. Energy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2003, 38(1):1-22.
- [9] Ulgiati S, Brown M T, Bastianoni S, et al. Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources[J]. *Ecological Engineering*, 1995, 5(4):519-531.
- [10] Scienceman D M. Energy and emergy, *Environmental Economics: The Analysis of a Major Interface*[C]//Pillet G, Murota T. *Environmental Economics*. Geneva: Rolliand Leimgruber, 1987.
- [11] Brown M T, Herendeen R A. Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view[J]. *Ecological Economics*, 1996, 19(3):219-235.
- [12] Odum H T, Peterson N. Simulation and evaluation with energy systems blocks[J]. *Ecological Modelling*, 1996, 93(1-3):155-173.
- [13] Rydberg T, Haden A C. Emergy evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2006, 117(2-3):145-158.
- [14] Ulgiati S, Odum H T, Bastianoni S. Emergy use, environmental loading and sustainability: an emergy analysis of Italy[J]. *Ecological Modelling*, 1994, 73(3-4):215-268.
- [15] Zhang L X, Yang Z F, Chen G Q. Emergy analysis of cropping - grazing system in Inner Mongolia Autonomous Region, China[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(7):3843-3855.
- [16] Martin J F, Diemont S A W, Powell E, et al. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2006, 115(1-4):128-140.

Evaluation of sustainable utilization of cultivated land in Yulin based on emergy theory

YANG Mei-huan¹, CAO Ming-ming², ZHU Zhi-mei²

(1. College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. College of Urban and Environment, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Emergy analysis was used to analyze cultivated land in Yulin area for the period from 2003—2007. The results showed that the total emergy input in these years was stable, among which the purchased emergy was increasing and the nonrenewable resources were decreasing, the purchased emergy occupied the first place and the nonrenewable resources took the second from 2004. The analysis of the emergy indicators showed that the development of the study area depended mostly on the input of natural resources. Comparison and analysis of different areas showed that there were some problems for the cultivated land in Yulin area, for example, mechanization level and development level were low, and the development depended too much on the input of natural resources. Thus, improving purchased emergy appropriately and developing organic agriculture are suggested for the sustainable development of the agro-ecosystem in Yulin area.

Keywords: cultivated land; Yulin area; emergy algebra; emergy indicators; sustainable development