

基于能值分析的干旱区农业生态经济系统可持续发展研究 ——以石羊河下游民勤县为例

张军谋¹, 石惠春^{2,3}

(1. 甘肃联合大学 旅游学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070;
3. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 冻土工程国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 根据民勤县农业生态经济的实际情况, 运用能值研究的方法, 选取 1994—2003 年民勤县农业生态破坏较为典型的时期, 对该地区这 10 a 来农业生态系统内的相关能流组分及其指标进行了调查和分析。在这一时期, 民勤县农业生态经济系统年均能值投入 $1.51E+21$ sej, 其中环境资源贡献率仅为 22.47%, 可更新环境资源仅占总能值投入的 15.00%, 而人类社会经济投入工业辅助能值在总能值投入中却达 57.20%。通过比较分析认为, 民勤县能值密度一直处于较低水平。另外, 从环境载荷率(ELR)来看, 民勤县农业生态系统在河西地区范围内已经表现出石化农业的典型特征。从可持续发展指数(ESI)来看, 这 10 a 民勤县农业生态系统发展的可持续性不仅很差而且有逐年下降的趋势。

关键词: 能值; 农业; 生态经济; 可持续发展; 民勤县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0150-06

中图分类号: F323.22

A Study of Sustainable Development of Agricultural Eco-economical System in Drought Area Based on Energy Value Analysis —A Case Study of Minqin County in the Lower Reaches of Shiyang River in Gansu Province

ZHANG Jun-mou¹, SHI Hui-chun^{2,3}

(1. School of Tourism, Gansu United University, Lanzhou, Gansu 730000, China;

2. College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou,

Gansu 730070, China; 3. Key Laboratory of Permafrost Engineering, Institute of Environment and

Engineering in the Cold and Drought Area, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Based on the situation of agricultural eco-economy in Minqin County, select the period from 1994 to 2003, when Minqin County was typical in the damages to ecosystem in the region, using energy value method investigate and analyze the components and their indicators related to energy flow within the agro-ecosystems in that 10 years. In the period, the annual energy inputs in agricultural eco-economic system of the county was $1.51E+21$ sej, of which contribution of environmental resources was only 22.47% and renewable environmental resources, only 15.00% of the total energy input, while industry supplemental energy in socio-economic inputs reached as high as 57.20% of the total energy. By comparative analysis, Minqin energy density was found to be in a lower level. In view of the environmental loading ratio(ELR), the agricultural eco-system of Minqin County presented a typical characteristic of petrochemical agriculture in the Hexi region. In view of the energy-based sustainability index(ESI), the sustainability of the agricultural ecosystem development of Minqin County in the 10 years was not only poor, but also showed a declining trend year by year.

Keywords: energy value; agriculture; ecological economy; sustainable development; Minqin County

能值(energy)是一个新的科学概念和度量标准, 指的是一种流动或储存的能量中所包含的另一种类别

能量的数量。在实际应用中, 常以太阳能值(solar energy)为基准来衡量各种能量的能值: 任何流动或储存

收稿日期: 2010-11-16

修回日期: 2011-04-29

资助项目: 甘肃省自然科学基金项目“石羊河流域生态系统服务价值及其空间变化规律研究”(3ZS041-A25-002)

作者简介: 张军谋(1976—), 男(汉族), 陕西省西安市人, 讲师, 硕士研究生, 研究方向为生态经济、旅游管理和生态旅游。E-mail: junmou@sohu.com.

通信作者: 石惠春(1965—), 女(汉族), 河北省定州市人, 教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向为生态经济和旅游管理。E-mail: hesh@nwnu.edu.cn.

的能量中所包含的太阳能之量,即为该能量的太阳能值^[1],其单位为太阳能焦耳(solar enjoules,即 sej)。

能值理论及其分析方法是美国著名生态学家、能值分析先驱 Odum H T 教授于 20 世纪 80 年代创立的一种新的系统分析方法。它着重于分析系统的整体特征,从一个全新的角度来看待环境资源在生态系统(或者经济系统)中的作用,克服了传统能量分析方法中不同类别能量难以比较和加减的“能质”壁垒问题^[1]。能值理论及其分析方法的核心内容是:采用能值这一新的科学概念和度量标准及其转换单位——能值转换率(transformivity)将生态经济系统内流动和储存的各种不同类别的能量和物质转换为同一标准的能值(由于任何能量均始于太阳能,故常以太阳能值为标准,衡量其他类别的能量),即以能值为量纲来衡量生态经济系统内环境资源、商品、劳务和科技等的真正价值,并对其作量化分析研究,同时,计算推导出一系列反映生态与经济效率的能值综合指标体系,从而定量分析评价系统的结构功能特征与生态经济效益。

民勤县地处河西走廊东北部石羊河下游地区,是甘肃省武威市西北的一个农业大县。20 世纪 70 年代以来,随着当地农业的开发,民勤县绿洲环境出现了逆行演替的趋势,农业生态环境不断遭到破坏,主要表现为该地区沙漠化土地不断向绿洲蔓延,由此造成原来的大部分绿洲景观逐渐被荒漠蚕食,植被衰退,地下水位下降,水质恶化,土壤盐渍化及大面积土地弃耕。随着这一地区农业生态环境的恶化,以及人们对干旱区农业生态环境认识的不断深入,国内学者基于对当地农业发展可持续性的考虑,将这一问题置于农业生态安全的战略高度进行了广泛而深入的研究和探讨。但在探讨这一问题时,学者们多着重于水、土壤、能源、农业生态系统恢复等该地区农业生态系统的单因素、单项目的分析评价和研究,总体上还缺乏对当地整个农业生态系统的综合分析评价。本文以民勤绿洲为例,运用在本质上呈现显明系统思想的能值理论和方法分析这一地区农业发展对生态环境的依赖程度,同时分析这一地区主要的农业资源和能源对该地区农业经济的生态贡献。通过两者相关指标的综合衡量比较,分析判断该地区农业生态系统的可持续发展问题,从而为干旱区农业生态系统的可持续性评价、发展提供理论指导和方法借鉴。

1 实证分析

1.1 研究区域地理环境及能值投入产出概况

民勤县位于 103°03′—104°02′E,38°05′—39°06′

N,土地面积 $1.60 \times 10^4 \text{ km}^2$,是河西走廊石羊河下游深入沙漠的一片绿洲,除西南一角与金昌、武威绿洲相接外,其余均被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围,是一个典型的半封闭内陆荒漠绿洲区^[2]。民勤绿洲的东、西、北 3 面均为沙漠所包围,距海洋直线距离在 2 000 km 以上,为温带内陆极干旱气候所控制。据中央气象局观测的数据,民勤的干旱指数为 24,接近极干旱沙漠地区的干旱指数,具有明显的沙漠气候特征。气温年均差为 32℃,日均差为 15.2℃。年均降水量 115 mm,而蒸发量却达到 2 643 mm,是甘肃省蒸发量最大的地区之一^[3]。民勤县农业以灌溉农业为主,能值投入主要类型分为 4 个部分:(1) 可更新资源;(2) 不可更新资源;(3) 工业辅助能;(4) 可更新有机能。能值产出主要包括粮食作物、经济作物、畜产品和水产品等。

1.2 民勤县农业生态经济系统能值分析

1.2.1 原始数据来源及其计算依据和方法 本研究采用能值分析理论,对 1995—2004 年《甘肃农村年鉴》中的农业生产统计数据进行处理,获得民勤县农业生态系统可持续发展指标所需的相关数据,同时对该地区农业生态系统主要生态流能值进行系统分析。区域的自然环境资料主要来源于民勤县志编纂委员会编纂的《民勤县志》,数据资料主要来源于 1995—2004 年《甘肃农村年鉴》中的农业生产统计数据;能量折算系数参数、折算方法参考《农业技术经济手册》,能值折算参考相关文献的研究成果^[1,4-6]。

1.2.2 能流统计结果与分析 根据 1994—2003 年民勤县农业生产的实际情况,能流组成中投入的能值主要分为可更新环境资源(太阳能、雨水化学能、雨水势能、水资源能量、地球循环能)、不可更新环境资源(表土流失)、不可更新的工业辅助能(电力、化石燃料、化肥、农药、农膜等)以及可更新的有机能(劳力、有机肥、畜力、种子等),农业的能值产出包括主要农作物产品和畜产品两部分,各部分的能值量如表 1 所示。

由表 1 可见,1994—2003 年以来,民勤县农业生态系统每年投入的环境资源能值总量平均为 $3.38E+20$ sej,其中可更新环境资源年均值为 $2.26E+20$ sej。这 10 a 中,民勤县农业生态系统自然环境对农业的贡献率(环境资源能值/总投入能值)分别为 22.4%,22.5%,23.3%,22.6%,22.5%,22.5%,21.9%,22.9%,21.8%,22.3%,均高于同时期全国最高水平 13.00%^[7]。这表明环境资源对民勤县农业的生态贡献虽然突出但不是特别明显,基本正常,然而需要注意的是环境资源对生态的贡献是建立在环境资源无偿投入的基础之上,而本研究可更新环境资源中计入了民勤县每

年地下水资源的能值(年平均能值为 $9.97E+19$ $\text{sej}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})^{[2]}$),仅这一项就占可更新环境资源能值 44.1%。从民勤县农业生态系统水资源利用主要是河水引灌和地下水提灌的实际情况出发,这两种水资源利用方式是建立在大量的工业辅助能和有机能消耗的基础之上。因此,如果与无偿环境可更新资源(如太阳能、雨水势能、化学能等)比较丰富的地区相比,民勤县农业生态系统环境资源的能流组分存在着较大的结构危机。从民勤县农业生态系统每年工业辅助能的消耗来看,10 a 来增幅不是特别显著。2003

年增长率仅为 1993 年的 3.03%,但从基数上看,工业辅助能却是民勤县农业生态系统能值投入的主要组成部分,年均能值投入占年均总能值的 57.2%。从此不难看出,民勤县绿洲农业的实质是依靠人类社会大量的经济投入为发展动力,因此,在能源、环境问题成为目前世界性问题的背景下其将不可避免地要受到能源危机和环境危机的威胁。另外,一旦地下水资源短缺,民勤县整个农业生态系统的环境贡献将会受到严重影响,因此,民勤农业生态系统还将面临严重的资源危机。

表 1 民勤县 1994—2003 年农业生态系统能值统计

能流类型	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
可更新环境资源(R)	2.27E+20	2.36E+20	2.31E+20	2.30E+20	2.27E+20	2.28E+20	2.26E+20	2.35E+20	2.03E+20	2.17E+20
不可更新环境资源(N)	1.09E+20	1.03E+20	1.17E+20	1.06E+20	1.12E+20	1.07E+20	1.05E+20	1.17E+20	1.25E+20	1.21E+20
不可更新工业辅助能(F)	8.57E+20	8.63E+20	8.45E+20	8.37E+20	8.64E+20	8.45E+20	8.76E+20	8.71E+20	8.74E+20	8.83E+20
可更新的有机能(RI)	3.08E+20	3.05E+20	3.00E+20	3.12E+20	3.07E+20	3.10E+20	3.06E+20	3.17E+20	3.04E+20	2.98E+20
主要农作物产品(Y ₁)	7.84E+20	7.91E+20	7.85E+20	7.69E+20	7.84E+20	7.96E+20	7.78E+20	7.83E+20	7.74E+20	8.03E+20
主要畜产品(Y ₂)	4.01E+20	4.14E+20	4.00E+20	1.07E+20	4.12E+20	4.06E+20	4.29E+20	4.32E+20	3.97E+20	4.05E+20

2 民勤县农业生态经济系统能值指标分析

通过对表 1 相关数据进行整理,采用相应的能值计算公式,依次计算出 1994—2003 年相关能值指标(表 2)。

2.1 能值密度

能值密度(energy density)反映了被评价地区能值的集约度以及经济发展强度和等级。这一指标描述了单位面积的能值流动情况。一般情况下,高度开发的国家或地区经济活动频繁,能值使用强度必然高。而经济发展相对落后的国家或地区,这一指标也

相应地较低。从数量上看,民勤县农业生态系统能值利用强度在这 10 a 间平均值为 $9.42E+10$ $\text{sej}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,与世界农业国家或地区的能值密度[$1.3 \sim 1.4E+11$ $\text{sej}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]相比仍有差距^[1],同时也远低于甘肃省能值密度平均水平 $2.62E+11$ $\text{sej}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ^[8],与长江中下游流域一些农业发达地区相比[如江苏省同期农业能值密度平均为 $6.57E+11$ $\text{sej}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]差距更大^[9]。民勤县 1994—2003 年农业生态系统能值密度始终处于小幅度波动变化状态,在保持稳定的同时有小幅上升的趋势,这表明民勤县农业经济 10 a 间处于继续向前发展阶段,但总体上处于农业欠发达地区水平。

表 2 1994—2003 年民勤县农业生态经济系统主要生态流能值分析

能值指标	表达式	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
环境资源总能值/sej	$I=R+N$	3.36E+20	3.39E+20	3.48E+20	3.36E+20	3.39E+20	3.35E+20	3.31E+20	3.52E+20	3.28E+20	3.38E+20
人类社会投入总辅助能值/sej	$U=F+RI$	1.17E+21	1.17E+21	1.15E+21	1.15E+21	1.17E+21	1.16E+21	1.18E+21	1.19E+21	1.18E+21	1.18E+21
流入的总能值/sej	$T=I+U$	1.50E+21	1.51E+21	1.49E+21	1.49E+21	1.51E+21	1.49E+21	1.51E+21	1.54E+21	1.51E+21	1.52E+21
农业总能值产出/sej	$Y=Y_1+Y_2$	1.19E+21	1.21E+21	1.19E+21	1.18E+21	1.20E+21	1.20E+21	1.21E+21	1.22E+21	1.17E+21	1.21E+21
能值密度/($\text{sej} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	$T/1.6E+10$	9.38E+10	9.42E+10	9.33E+10	9.28E+10	9.44E+10	9.31E+10	9.46E+10	9.63E+10	9.41E+10	9.49E+10
人均能值(sej/人)	$T/\text{当年总人口量}$	4.89E+15	4.91E+15	4.86E+15	4.84E+15	4.92E+15	4.85E+15	4.93E+15	5.02E+15	4.91E+15	4.95E+15
能值自给率	$ESR=I/T$	2.24E-01	2.25E-01	2.33E-01	2.26E-01	2.25E-01	2.25E-01	2.19E-01	2.29E-01	2.18E-01	2.23E-01
能值投资率	$EIR=U/I$	3.47E+00	3.45E+00	3.29E+00	3.42E+00	3.45E+00	3.45E+00	3.57E+00	3.38E+00	3.59E+00	3.49E+00
净能值产出率	$EYR=Y/U$	1.02E+00	1.03E+00	1.03E+00	1.02E+00	1.02E+00	1.04E+00	1.02E+00	1.02E+00	0.94E-01	1.02E+00
环境载荷率	$ELR=N+U/R$	5.61E+00	5.39E+00	5.46E+00	5.46E+00	5.65E+00	5.54E+00	5.69E+00	5.55E+00	6.42E+00	6.00E+00
基于能值分析的可持续发展指数	$ESI=EYR/ELR$	1.81E-01	1.92E-01	1.89E-01	1.88E-01	1.81E-01	1.88E-01	1.79E-01	1.84E-01	1.55E-01	1.70E-01

2.2 人均能值用量

人均能值(energy per capita)指一个国家或地区

人均能值利用量,由于能值能够更恰当地对一些无偿的环境资源进行统计和分析评价,因此也就能够更好

地反映人们所拥有的财富,从而全面衡量人们生存水平和生活质量的高低。从 1994—2003 年民勤县农业生态系统人均能值量变化趋势看,总体也是呈波动上升趋势,年际变化不大。这一方面反映了这 10 a 中,随着国家农业政策的调整,民勤县在农业生产过程中不断追加能值投入,从而有力地促进了当地农业经济的发展。另一方面,由于我国人口政策的实施和人们生育观念的转变,当地人口数量没有出现大幅度上升的现象,这也是人均能值稳中有升的重要原因。同时,从人均能值的绝对数量看,这 10 a 间人均能值的平均数量为 $4.91E+15$ sej/人,基本相当于中国 20 世纪 90 年代中期人均能值水平 $4.70E+15$ sej/人^[1]。从变化的幅度看,并没有出现农业突飞猛进的现象,而且个别年份有所回落。从这一指标不难看出,就全国范围而言民勤县农业的优势地位并不十分突出,人均拥有的真正农业财富还很低,当地农业的区域影响力也有待于进一步提高。

2.3 能值自给率

能值自给率(energy self-sufficiency ratio)是系统内环境资源能值与总能值的比率,反映系统自身所能满足系统能值需求的程度。民勤县农业生态系统 1994—2003 年能值自给率平均值 22.5%。从变化趋势看,有小幅下降的趋势,同时对不可更新的工业辅助能消耗及其依赖程度有所增加,表明当地农业的现代化水平有所提高。与同期内陆省区新疆这一指标的平均值(92.8%)相比^[10],民勤县农业显然具有非常大的优势,与同期沿海省区这一指标(20.0%)相比^[11],又显得稍高,说明与这些地区相比,民勤县农业现代化水平还有差距。

2.4 能值投资率

能值投资率(energy investment ratio)为经济反馈能值与环境投资能值的比率,是衡量经济开发强度和反馈因子冲击强度的重要指标,其值越大表明系统经济投入越大,系统经济发展程度越高。但是这时系统往往会输入大量购进的能值,直接导致其生产的产品竞争力降低,反之,系统发展程度越低,对环境的依赖性越强,意味着经济投资率低,需要购买的能值较少,其生产的产品可以以较低的价格出售,市场竞争力较强。综合起来看,农业生态系统要有竞争力,必须具有低能质的可更新资源与高能质的能量适当搭配,即必须遵循能值投入搭配原则。10 a 中民勤县能值投资率平均值为 $3.46E+00$,高于同期我国环境资源占据优势的地区的平均水平($2.33E+00$)^[11],与科技农业发达的国家及国内其他地区同期农业生态经济系统的能值投资率的平均值(如日本为 $14.03E+$

00 ;意大利为 $8.52E+00$;江苏省为 $3.52E+00$;三江市为 $17.65E+00$;衡东县为 $7.51E+00$)相比^[12],又远低于这些国家和地区,表明民勤县农业单位无偿环境资源的购买能值较低,无偿环境资源的利用达不到最佳效率(例如水资源)。民勤县未来农业发展过程中应适当加大部分能值的投入,特别是高科技的投入,充分利用无偿环境资源,提高环境资源利用率,增加系统的产出能值。

2.5 净能值产出率

净能值产出率(net energy yield ratio)为产出能值与经济投入(反馈)能值的比值,其中投入的能值来自人类社会经济系统。1994—2003 年民勤县净能值产出率平均值为 $1.02E+00$,低于沿海地区同期平均水平($2.71E+00$)^[11],同时也远低于全国农业平均净能值产出率 $1.42E+00$ ^[13]。表明民勤县农业系统整体功能差,运转效率较低,能值回报率偏小,产品不具有价格竞争优势。目前民勤县初级农产品比重较大,农产品加工情况仍处于较低水平,这使每单位农产品的增值很少,也限制了农民的增收。近几年来,随着农村税费改革的进行,乡镇的财力相对减弱,因而对农业的政府配套投入不足,影响了农业的发展。今后应加大农业投入,特别是加强农田水利基本建设,搞好农业综合开发,进行农业结构调整,大力发展农业产业化经营,加速推进“三农”农业、农产品质量建设和外向型农业发展进程,以实现农业发展和农民的增收。另外,10 a 来该县农业生态系统净能值产出率平均值大于 1,表明该县农业生态系统在获得人类社会经济系统所输入的能值有一定的优势^[14](例如通过转化大量工业进口能值发展当地农业),当地农业生态系统回馈于人类社会的能值可作为一种能值来源。如果仅就这个指标水平来看,在当前民勤县农业生态系统这种能值结构下农业可以作为一个产业进行发展。

3 民勤县农业生态经济系统可持续性分析

3.1 环境载荷率

环境载荷率(environmental loading ratio, ELR)是指经济投入能值加上不可更新资源能值与可更新环境资源能值的比率,即购买的和不可更新的能值与无需付费的环境能值的比值。较大的环境载荷率表明在系统中存在高强度的能值利用,对环境的压力也较大。在本研究期内,民勤县发业系统的环境载荷率基本在 $5.68E+00$ 左右浮动(图 1),反映出民勤县的农业发展远未达到高投入高产出的状态,表明民勤县

生态环境系统受农业发展而带来的环境压力较小,仍有较大的发展潜力。如果与同期河西其他地区该指标的平均值(1.56E+00)相比^[15],民勤县这一指标相对较高,这表明民勤县农业生态环境的环境压力在河西地区比较明显,在这一地区的经济结构中,民勤县农业经济比重也相对过大。需要说明的是,环境载荷力的大小不与该系统的环境保护效果的好坏成正比。因此,在目前的这一指标水平下,结合民勤县农业系统的实际,民勤县若要想发展现代生态农业就应该继续增大能值的投入,特别是加大科技投入,推进农业机械化的发展;同时,要注重生态农业的基本建设,减少化肥、农药、农膜等对环境的污染,鼓励和提倡使用有机肥、绿肥等无公害化肥,推广农业新科技,从而提高农业生态系统的生产效率。

3.2 基于能值分析的可持续发展指数

基于能值分析的可持续发展指数(energy-based sustainability index, ESI)是净能值产出率与环境载荷率的比值。ESI 的值在 1~10,表明经济富有活力和发展潜力;ESI>10 则是经济不发达的表现,表明对资源的开发利用不够;ESI<1 时,属于消费型经济,此时,系统进口资源或劳务量在总能值使用量中所占比重较大,对本地不可更新资源利用较大,环境载荷率较大。1994—2003 年,民勤县 ESI 指数均小于 1(图 1),从 1.81E-01 下降至 1.70E-01,而且有继续下降的趋势。民勤县 10 a 来 ESI 指数表明,作为西北内陆地区的一个县域农业生态系统,其环境资源的开发强度十分高,如过量开采地下水,过度毁林开荒。整体上民勤县农业生态系统开发严重过度,而且系统资源进口偏重,农业生态环境系统已经严重恶化,农业生态系统可持续性正在日益下降。

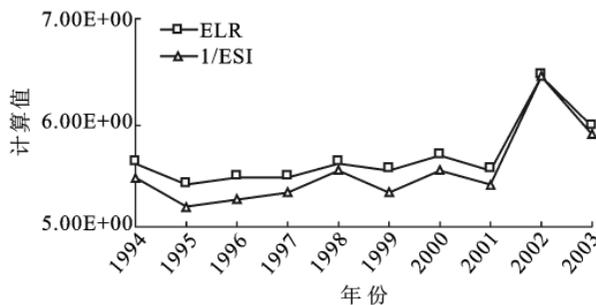


图 1 1994—2003 年民勤县农业生态系统净能值指数 ELR, ESI 变化趋势

正常情况下环境载荷率 ELR 值越大,基于能值分析的可持续发展指数 ESI 值越小,由于研究期内各年份 ESI 的值变化幅度太小,为了清楚显示 ESI 变化

趋势,图 1 对 ESI 值取倒数,因此 ELR 与 ESI 变化趋势一致。

4 基于能值分析的民勤县农业生态系统可持续性发展结论与对策

国内生态学领域学者针对民勤县农业生态系统的脆弱性所进行的研究较多,采用的方法理论不仅新颖独到而且具体实用,如生态位理论、生态足迹理论、碳足迹理论、虚拟水理论等,通过这些方法不仅提供了民勤县农业生态系统要素量化的依据,而且丰富扩展了民勤县农业生态系统可用来比照参考的指标体系。能值理论在我国生态学领域的运用非常普遍,从其方法和理论上来说,已经非常成熟,采用能值理论分析民勤县这一农业生态脆弱区域的有关问题,也正是对民勤县农业生态问题在上述研究基础上进行的一个理论补充和研究方式拓展。

(1) 本研究利用能值理论和技术对民勤县 1994—2003 年农业生态系统破坏较为典型的时期农业生态系统内的相关能流组分及其指标进行了调查和分析。本研究工作一开始便得出了民勤县农业生态系统能流组分中存在水资源危机,地下水资源能值总量在民勤县农业生态系统可更新环境资源中所占比重过大,以及对民勤县农业生态系统的贡献相当显著的结论。这一结论与国内有关专家的研究结果一致。例如,陈兴鹏等^[16]明确指出每年可利用的最大可更新资源来自于水资源是整个西北地区资源结构的特殊情况。根据能值有关理论,民勤县农业生态系统应当采取有效措施对诸如水资源等一些可更新的环境资源的使用,一定要设法减少利用数量,提高利用效率,从而有效减轻环境压力。但是一定是根据农业生态系统的需要而进行的一定程度的开发利用,也就是说,不能为了一味地追求持续而降低当地的环境资源开发程度。

(2) 能值密度和人均能值的偏小的直接原因是能值利用和投入总量偏小,无须付费的环境资源能值占能值总量比重偏低,这些指标偏低直接造成当地能值集约水平低。因此,当前需要解决的问题就是要设法加强本地的生态系统功能结构调整和容量建设,提升当地的开放程度,从而提高民勤县能值的整体集约水平,例如通过引进人才、技术、资金来获得高额能值,从而促进农业经济的集约化发展。

(3) 在所研究的 10 a 中,民勤县农业生态系统净能值产出率一直偏低,而且接近 1,表明长期以来当地农业产出主要依靠人类社会对农业生态系统的大量反馈。对于高净能值产出率的地区,意味着人类社会

反馈于系统的能值比较少,系统主要依靠自然界无偿的能值促进生产(当然过高的净能值产出率意味着生产过分依赖自然环境,如果能值被输出虽然具有价格竞争优势但往往是低级的资源输出型农业)。民勤县当前面临的主要问题是设法适当提高净能值产出率(在当前基础上大约提高 50%),至少达到与全国平均水平持平,以保证民勤县农业经济在国家统一市场竞争中有一定的价格优势。根据民勤县农业生产的实际情况,从生态系统能值利用途径,例如通过节约农业用电,节约使用化肥、农药、农膜等辅助工业能可作为提高这一指标的有效方式,与此同时,要立足于本地,加强对环境资源中生物能的开发与利用。

(4) 民勤县可持续发展指数数年来一直偏小(10 a 来均处于大于 0 小于 1 的范围,平均值为 1.81E-01),而且有逐年下降的趋势,表明民勤县农业生态系统 10 a 来一直存在着过度的环境资源开发,环境恶化已经到了非常严峻的地步。造成这种现象的主要原因是由于民勤县农业生态系统的净能值产出率逐渐降低,环境的压力逐年增大,资源利用率不高造成的。因此,要想使当地农业生态系统发展的可持续性提高,当务之急是保护好水源地、基本农田等重要的生态功能用地,同时,要有效控制土地沙化、荒漠化等环境灾害以及土壤污染、水污染,从而控制对生态和环境的不良影响,走以资源节约利用为基础的新型、高效的集约化农业发展道路,使民勤县的农业生态系统走上可持续发展的道路。

[参 考 文 献]

- [1] 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,2002:1-3,16,75-95.
- [2] 樊胜岳,马永欢,钟方雷. 民勤县生态政策实施的效果在农户中的响应[J]. 中央民族大学学报:哲学社会科学版,2006,33(1):32-39.
- [3] 民勤县志编纂委员会. 民勤县志[M]. 兰州:兰州大学出版社,1994:83-85.
- [4] Odum H T. Environmental accounting: energy and environmental decision making[M]. New York: John Wiley & Sons., Inc., 1996:79-81.
- [5] 周连第,胡艳霞,严茂超,等. 生态经济系统能值分析[J]. 地理科学进展,2006,25(5):94-104.
- [6] 董孝斌,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.
- [7] 张希彪. 泾河流域农业生态经济系统的能值研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(5):196-198.
- [8] 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[J]. 地球科学进展,2006,21(9):982-989.
- [9] 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,2005,21(1):29-36.
- [10] 李海涛,廖迎春,严茂超,等. 新疆生态经济系统的能值分析及其可持续性评估[J]. 地理学报,2003,58(5):765-772.
- [11] 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):105-106.
- [12] 张耀辉. 农业生态系统能值分析方法[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):181-183.
- [13] 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[J]. 中南林学院学报,2006,26(6):49-55.
- [14] 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):2-3.
- [15] 陈东景,徐中民. 干旱区农业生态经济系统的能值分析[J]. 冰川冻土,2002,24(4):374-379.
- [16] 陈兴鹏,薛冰,拓学森. 基于能值分析的西北地区循环经济研究[J]. 资源科学,2005,27(1):52-59.
- [11] 郭道宇,张金屯,宫辉力,等. 安太堡矿区复垦地植被恢复过程多样性变化[J]. 生态学报,2005,25(4):763-770.
- [12] 李绍才,孙海龙. 秸秆纤维、聚丙烯酰胺及高吸水树脂在岩石边坡植被护坡中的效应[J]. 岩石力学与工程学报,2006,16(2):257-267.
- [13] Gao G J, Yuan J G, Han R H, et al. Characteristics of the optimum combination of synthetic soils by plant and soil properties used for rock slope restoration[J]. Ecological Engineering, 2007,30(4):303-311.
- [14] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京:科学出版社,2006:186-191.
- [15] 陈立明,丁雷,满秀玲. 云冷杉林土壤酶活性与植物多样性[J]. 东北林业大学学报,2009,37(3):58-61.
- [16] 陈小红,段争虎,谭明亮. 沙漠化逆转过程中土壤理化因子的权重分析:以宁夏盐池县为例[J]. 土壤通报,2009,40(6):1280-1283.

(上接第 149 页)