

# 农地可持续利用的能值方法探讨

吴玉琴

(中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘 要:应用Odum所建立的能值理论和方法,通过能值指标评价各类用地的土地利用效率并探讨不同农作物的农地效益,寻找农地可持续利用的途径,从而为土地使用的可持续规划提供方法上的参考依据。

关键词:农业土地资源;能值分析

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)15-0045-03

## 0 引言

农业是兼具生产、生活与生态的产业,农业用地不但具有提供粮食的功能,在生态环境方面也提供防洪、排水、净化水质、涵养水源等功能<sup>[1]</sup>,而优美的田园景观更提供了开阔的绿色空间与丰富的休闲游憩资源。随着经济高度发展与社会结构的转变,农业部门的生产价值在总体经济价值中比例偏低,且工商业的迅速发展,也使得交通建设、住宅及工业等各方面对土地有旺盛的需求,农地转用的压力日益增加,如珠江三角洲和粤东沿海由于人口的集聚和工业的发展,农业用地面积已经大大减少。然而,农地转用是一种不能反转的投资,因为农地不同于其它经济资源,具有替代性弱与不可恢复性,一经变为非农业使用,则难以再恢复为农用地。因此,农地资源如何利用才能发挥农地最大的功能与效益,便是一个值得思考的话题<sup>[2]</sup>。如果单从经济学的市场机制来决定土地使用的方向,将会忽略或低估农地的生态价值;反之,如果仅考虑生态学所强调生物或环境之间的观点,就会忽略人类的社会、经济因素的影响。20世纪80年代末期,便有经济学家与生态学家因全球性的环境问题,而相互整合生态与经济的领域,建使用美国生态学家Odum通过生态经济学的概念所提出的能值分析方法,从生态能量流动的视角,为农地可持续利用提供研究上的借鉴。

## 1 能值分析的理论基础与方法

Odum提出的“能值”分析方法,目的在于提出另一种对物质、资源利用的思考方式,以能量为衡量单位,建立另一套价值体系,探讨生物与非生物间、人类经济系统与自然环境体系之间能量流动关系,评价环境资源对经济活动

的贡献,而非取代市场货币方法。Odum在发展生态能量理论时,引入热力学定律与最大功率原则为主要理论基础,指出能量在系统中流动、储存与转换必定遵守两大定律:能量可由一种形式转变为另一种形式,但总量不变;能量在由一种形式转变为另一种形式的过程中,有些能量会逐渐形成不具有潜能的热形式<sup>[4]</sup>;而这两种热力学定律并无法解释生态系统的运行特色,因为生态系统为了存活与繁荣,并与其它系统竞争,就必须具有可持续输入高品质的能量系统、具有储存能力、消散熵能这3种特性,也就是系统会利用自我反馈的方式,从外界输入更多能量,并加以有效率地转换利用(见图1),以维持系统的正常运作。

生态系统中具有等级性的关系,能量流动于不同等级

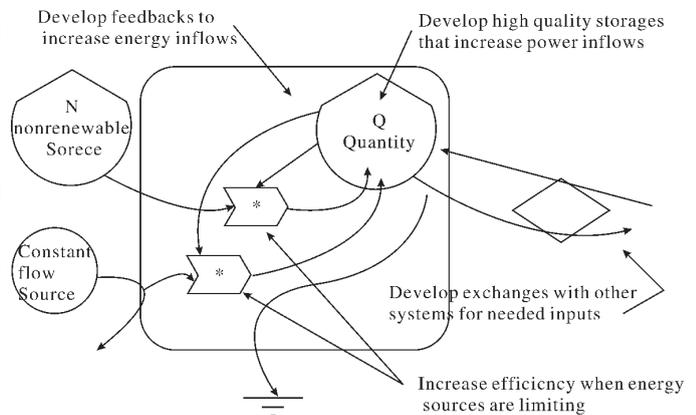


图1 最大功率原则示意

之中,因此,会由较低等级(如生产者)传至较高等级(如消费者),在传输与转换的过程中,量会逐渐减少,但是所内涵的能量品质将会更好,如同样具有1焦耳的太阳能与电,对整体人类生态系统的作用是不同的<sup>[5]</sup>。因此,不同来源的能量具有不同的能量品质,故以能量来衡量系统中各组成份的贡献时,不可单以其所含的能量来比较,应转换为

同一单位,所以Odum<sup>[4]</sup>提出了“能值”、“能值转换率”的概念。能值即为:形成任何资源、产品、劳务、信息直接或间接所需的某种能量的总量,为“体现能”。由于太阳能是最原始的能源形式,应用中常以太阳能值(Solar Emergy)为标准度量,单位为太阳能焦耳(Solar emjoules)。能值转换率,是指生产单位某种能量所需直接或间接耗用的另一种能量的量,即能值与其现有能量的比值,常用单位为太阳能焦耳/焦耳<sup>[6]</sup>。能值转换率随能量等级梯度升高而呈增大走势,逆能量等级可逐级推算出各种现存能量的太阳能值转换率。通过其相应的能值转换率,所有不同能质的能量都可转换为其所包含的太阳能值,而达到统一度量评价的目的。

能值分析方法的步骤<sup>[5]</sup>主要有三:第一,建立概念性的生态经济系统。首先搜集研究地区的基本资料,如自然环境、地理及社会经济等,包含地理图与统计资料,然后将研究地区的各项资源加以分类,利用能量图例,建立概念性的生态经济系统,初步了解研究地区内各部门的关系;第二,能值计算。初步了解研究地区的生态经济系统构建后,制作能值分析表,列出研究地区的主要能量来源项目,包含当地生产的本土性资源,输入的不可再生资源、输入物质劳务与产出等。计算各能量类别的资源流动量,其单位视该项资源特性而定,如能量资料以焦耳表示、物质以量(千克)表示、经济流动以货币表示。而后转换各资源类别为共通的能值单位以及总体经济价值(将能值除以能值货币比),以进一步了解各能量流动在整体系统中的相对贡献;第三,能值指标估算。根据上一步所计算各项资源流动后,可将重要的、性质类似的项目集结,构建集结性系统图,进而组合为生态经济系统的能值指标,以分析生态经济界面,并评价自然环境对经济系统的贡献。在能值分析方法中,能值指标的建立与估算,在整个分析过程中具有重要的功能,因为可以借能值指标的建立与估算来衡量、审视系统的特征,而依其计算与解释方式观点的不同,各项能值指标反映于研究中所代表的意义也有所不同。如能值投资率系自然经济系统投入的能值与自然环境可再生能值的比值,用以展现一地区经济系统的竞争能力,较高的能值投资率表明该地区进口能源及内部不可再生资源大于内部可再生资源能值,亦即自然环境必须承受大量的经济活动,故此指标可以评价自然环境承受经济活动的负荷量;净能值产出率是产出能值占不可再生资源与经济投入能值的比值,以评估经济系统的运作或资源是否具有经济性,如果产出的能值大于投入的能值,其比值大于1,则具有经济效益,而且通过相对比较可以了解该系统的运行是否具有竞争性;自给能力评价指标由可再生资源能值占总能值使用量之比、不可再生资源与经济投入能值占总能值使用量之比等,显示生态经济系统对外界资源输入的情形,如不可再生资源与经济投入能值占总能值使用量的比值越高,就表示必须输入越多的经济投入与资源(如肥料);能值使用集约度指标显示不同地区或不同作物的资

源使用形态差异,如单位面积农地平均产出能值、生产单位农作物平均能值使用量等,用以比较衡量同种作物在不同地区或是同一地区不同作物在资源投入与产出之间的差异。

## 2 农地可持续利用的能值指标及实例分析

物质循环与能量流动是农村地区重要的生态过程,它们将农村的生产与生活、资源与环境、时间与空间等,以人为中心串联起来。农村相对于城市而言,其人均能值使用量、能值投资率、单位面积的能值密度都相对较低。在消耗的能值构成中,以环境资源为基础的可再生资源能值消耗的比重相对较大,而对于不可再生资源的能值消耗的比重相对较小;并且农村的能值自给率相对较高,所消耗的可再生资源能值基本上是无偿地使用本地区的自然资源,很少从区外购买原始生产资料或资源产品;加上农村的总体经济发展水平相对于城市较低,这就使农村相对于城市而言具有更高的能值/货币比率。其输入的多为生产资料、日常生活用品,这些输入的产品相对于其输出的产品来说,具有相对较高的商品买卖能值受益率。这就导致农村地区的能值输入与输出处于不平衡的状态,输出的能值一般远大于输入的能值;也使农村的能值流动相对于城市而言处于弱势地位,造成农村地区储存的能值日益减少,对于整个系统的生存、发展和生态服务提供都将产生不利影响<sup>[8]</sup>。如黄书礼等<sup>[3]</sup>在2000年对台北都会区的能值研究中发现:台北都会区近郊农业地带在能量使用方面的土地利用效率(EYR=2.34)不如都市外围新兴发展区(EYR=3.16)与都市中心区(EYR=19.92);1990—2000年,广州市经济迅猛发展,建设用地大幅度增加,从1990年的250.274km<sup>2</sup>增加到412.542 km<sup>2</sup>,这一时期城市扩张主要是占用耕地来获得的,2000—2005年城市扩张的用地50.84%来源于耕地,复合城市中心区与城市近郊农业区的能值投资比的比率为297.6/24.8<sup>[9]</sup>,反映出发展密集的高度城市化特征。农地转用的驱动力主要来源于城市用地的能值受益远远大于农业用地,而处于城市边缘地带的农业用地具有迅速被征为城镇用地和工业用地的潜能。这样将会逐渐减少提供自我维持服务的生产子系统,不利于城市的整体发展。

与此同时,农业结构的调整,会使一些农业用地向相比具有更高经济产出的农业用地转换。如水稻田和菜地向经济作物果园、池塘转换,果园和池塘的面积就会增加,而耕地就会减少,减少的耕地需要从林地得到一定的补偿,也就导致了林地的减少。为了利用能值分析方法,探讨农作物在生产过程中的资源运作的情形,首先必须利用Odum所建立的能值图例,将农作物生产过程中各类型资源投入流动资料,建构成农作物生态经济系统(见图2),农作物生产过程中的能量流动有:可再生资源(如太阳、风、雨水等自然资源);不可再生资源与经济投入(包含了种苗、肥料、劳务、货物以及农作物生产所必需的灌溉水)。其中货物包括了农作物生产过程中需投入的农药、材料、农

用设施以及地租与资金利息等;产出是指农作物收成后,运往市场销售所换取的货币。接着就着手进行农作物的能值分析,以了解农作物生产过程的能量流动,在考量农业生产体系的特性之后,选取与建立适用于农业生产体系的能值指标,从农作物生产过程中资源投入与作物产出的观念着手,分析该地农业生产用地与其它地区农业生产用地在土地利用效率的差异;再者,进一步探讨种植不同的农作物与土地利用效率间的关系。如以广东惠阳地区宽谷冲击土田3种不同的生产方式的能值对比<sup>[10]</sup>为案例,可以发现:3种生产方式的产出总能值大小顺序为常年蔬菜地系统(3.57×10.17sej/km<sup>2</sup>/a)>轮作地系统(3.37×10.17sej/km<sup>2</sup>/a)>常年水稻地系统(1.45×10.17sej/km<sup>2</sup>/a)。而从系统生产效率(能值转换率)来看,无论是生物量性质还是能量性质,常年水稻地系统的效率最高(EYR=1.52),轮作地系统次之(EYR=1.14),而常年蔬菜地最低(EYR=1.12)。但是,从农户的经济效益分析,则刚好得到相反的结果,常年蔬菜地系统(9.94×1.04RMB/km<sup>2</sup>/a)>轮作地系统(5.40×1.04RMB/km<sup>2</sup>/a)>常年水稻地系统(1.93×1.04RMB/km<sup>2</sup>/a)。这很可能是由于作物的生产周期和作物的收购价所影响。因为蔬菜的生产周期较短,至少是一年三熟制,有的甚至一年4—6熟,且产品单价远较水稻高;而其余两个系统的生产都是一年两熟制,且水稻的单价较低。因而,在经济效益上反映出,常年蔬菜地系统的经济效益远比水稻好。

### 3 结束语

本文应用生态学家Odum所建立的能值分析方法,希望通过生态经济学的概念,从能量的观点寻找农地可持续发展的途径。通过评估各类用地的土地利用效率,进一步探讨比较不同农作物对农地的可持续利用指标,来衡量农地资源利用经济效益的不同,从而为土地利用的可持续规划提供方法上的参考依据。

#### 参考文献:

[1] ODUM H T. Systems Ecology [M]. New York: John Wiley &

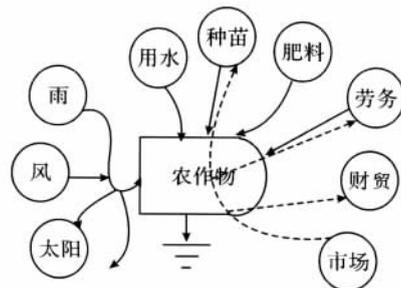


图2 农作物生态经济系统

Sons, 1983.

- [2] ODUM H T. Environment Accounting: Energy and Environmental Decision Making [M]. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [3] ODUM H T. Scales of Ecological Engineering [J]. Ecological Engineering, 1996(6):7-19.
- [4] ALTERMAN R. The challenge of farmland preservation - Lessons from a six-nation comparison [J]. Journal of the American Planning Association, 1997, 63(2):220-243.
- [5] NESLON A C. Preserving prime farmland in the face of urbanization [J]. Journal of the American Planning Association, 1992, 58(4):467-488.
- [6] ODUM E P. The Strategy of Ecosystem Development [J]. Science, 1969(164):262-270.
- [7] 白瑜. 惠阳地区宽谷冲积土田不同生产方式可持续性的能值评价[D]. 广州:中国科学院华南植物园, 2007.
- [8] 沈一清. 城市生态能量分区研究[D]. 北京:北京师范大学环境学院, 2007.
- [9] 闻大中. 农业生态系统的能量分析. 能量生态——理论与实践[M]. 长春:吉林科技出版社, 1993:209-215.
- [10] 黄书礼. 能量阶层与都市空间组织. 都市生态经济与能量[M]. 台北:詹氏书局, 2004:181-197.

(责任编辑:陈晓峰)

## Analysis on the Sustainable Utilization of Agricultural Land using Emery Methods

Wu Yuqin

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences Sustainable Development Research Center, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In order to study the contribution of agricultural lands to the sustainability of mega-city area, the emery synthesis, developed by Odum, is incorporated in this paper to evaluate the energetic efficiency of land use. The emery evaluation of different crops is also performed to measure their contribution to the sustainable development of agricultural lands for sustainable land-use planning to provide a reference.

**Key Words:** Agricultural Land Resources; Emery Analysis