

## 持续土地利用管理评价方法的研究

张凤荣<sup>1\*</sup> 齐伟<sup>1</sup> 薛永森<sup>2</sup> 徐艳<sup>1</sup>

(1 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

(2 国土资源部土地整理中心, 北京 100035)

**摘要** 本文讨论了构建持续土地利用管理评价指标体系和运用评价指标体系对土地利用管理系统进行持续性评价的方法。虽然可以用主成分分析、相关分析、回归分析等数学方法来选取持续土地利用管理评价指标,但限于土地利用管理系统的复杂性,目前最有效的选取方法是根据科学研究成果和生产实践经验。单指标多角度评价法和综合指数法均是持续土地利用管理评价的有效方法。

**关键词** 持续土地利用管理; 评价方法

**中图分类号** P964

## The Methods for Evaluating Sustainable Land Management

Zhang Fengrong<sup>1</sup> Qi Wei<sup>1</sup> Xue Yongsen<sup>2</sup> Xu Yan<sup>1</sup>

(1 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

(2 Center of Land Planning and Designing, Department of Land and Mineral Resources Administration, PRC, Beijing 100035, China)

**Abstract** This paper discussed the methods of evaluating sustainable land management and selecting indicators and criteria for evaluation of sustainable land management. Although mathematics methods, such as the Principle Component Analysis, Correlation Analysis, Regression Analysis can be used to select indicators for evaluating sustainable land management. However, because of the complexity of land use system, the most effective way to select evaluating index is to utilize some practical knowledge as well as research results. Whether assessing the sum of those selected indicators values or appraising each single indicator from different view, both of them are reliable methods for evaluating sustainable land management.

**Key words** sustainable land management; evaluating methods

研究持续土地利用管理评价的指标体系和评价方法,对于评价土地利用管理的持续与否,指导持续土地利用管理,具有科学意义和实践价值。目前,持续土地利用管理评价研究的对象主要针对农业土地利用系统。

收稿日期: 2001-05-21

国家自然科学基金资助项目(49871005)、国土资源部重点科技资助项目(2000209)、国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999011810)

\* 张凤荣,博士,教授,研究方向为土壤地理学和土地资源学。

## 1 持续土地利用管理评价进展

1991 年在泰国 Chiang Rai 举行的“发展中国家持续土地利用管理评价国际研讨会”<sup>[1]</sup>和 1993 年在加拿大 Lethbridge 大学举行的“21 世纪持续土地利用管理国际研讨会”<sup>[2]</sup>上,许多学者从自然、环境、经济和社会等各个方面探讨了持续土地利用管理评价的评价指标和评价方法。FAO 于 1993 年正式发表的《持续土地利用管理评价纲要》(以下简称《FESLM》),则确定了持续土地利用管理评价的基本原则、评价程序和 5 个方面的评价指标或称指示因素(indicator)框架<sup>[3]</sup>。1995 年,WB、FAO、UNDP、UNEP 共同组织了土地质量指标计划(LQIS),并逐步建立了用于持续土地利用管理评价的核心指标体系,即土地质量指标体系<sup>[4~6]</sup>。

90 年代以后,国内许多学者从各自不同的出发点和研究方法寻求区域土地持续利用的基本理论、评价方法、模式和实现途径<sup>[7~9]</sup>。通过典型县的研究来系统探讨持续土地利用评价的评价指标体系和方法也有不少例子<sup>①②③</sup>。

虽然对持续土地利用管理评价的指标体系和评价方法达到了一些共识,但到目前为止,无论是评价指标体系,还是评价方法,包括评价指标的选取方法和运用指标体系进行综合评价的方法,都没有定论,还有待深入研究。

## 2 持续土地利用管理评价指标的筛选

土地利用管理系统结构复杂、层次多,系统与环境之间具有相互作用,同时土地利用系统具有很强的区域特征。因此,持续土地利用管理评价指标的选择必须遵循指标的科学性、可行性(可以获取)、客观性(反映区域土地利用实际)、全面综合性(包括土地质量、生态环境和社会经济状况)和动态性的原则;同时,要以《FESLM》确定的生产性、稳定性、保护性、经济可行性和社会接受性 5 个方面的评价标准,作为选择评价指标的指南。

### 2.1 影响和反映土地生产力评价指标的筛选

首先,要在众多的土地性质中选择影响和反映土地生产力的因素。数学统计方法更多地反映的是样本数据之间的相互关系,并不能准确反映因素的重要程度。因此,生产性土地指标的选取,主要还是根据有关土壤学、作物栽培学等有关学科研究成果和生产实践经验。大量研究证明,土壤质地、有机质含量、有效土层厚度、土壤剖面构型、土壤盐渍化程度、灌溉条件和排水条件等都是影响土地生产力的土地特性。

第二步是在所选的影响和反映土地生产力的土地特性中筛选主导性因素,即控制和影响其他因素的因素。可以根据有关土地资源学的知识和经验或科学试验结果,确定一些主导性土地性质。或者采用独立性分析,排除相关密切的指标,保证选用相互独立的指标,以获得科学的评价结果。比如,土壤质地影响土壤结构、土壤结持性、土壤耕性、土壤容重、土壤空隙状况等,后 5 者随土壤地质的变化而变化;因此没必要选择它们作为评价指标,而仅选择土壤质地作为反映土地生产力的评价指标。

① 田光明. 县域农业资源环境可持续性评价的理论与方法探讨. 北京农业大学博士学位论文, 1995

② 田学东. 土地可持续性评价的理论与实践. 中国农业大学硕士学位论文, 1996

③ 谢俊奇. 可持续土地利用系统的指标、评价和规划实践系列研究. 中国农业大学博士学位论文, 1999

第三步是在影响土地生产力的主导性因素中选择用于持续性评价的指示因素,或称评价指标。持续是时间序列的延伸。对于持续性评价指标的选取,不能选取土地利用难以改变的土壤性质作为持续性评价指标。如土壤原生矿物组成、质地以及不同质地的土层厚度和土体构型等,是很稳定的,其变化响应时间(当外界环境条件,某一土壤性质或状况达到准平衡态所需要的时间) $>100$ 年,没有必要选择它们作为持续性评价指标;土壤容重、水分含量、入渗速率、养分形态等的土壤特性响应时间都小于1年,变化太快,也没有必要选择它们作为指标;土体盐分含量和交换性离子组成等的土壤特性响应时间在1~10年之间,可以考虑选择它们作为指标;土壤特性响应时间在10~100年范围的有机质含量具有一定的稳定性,可以选择作为评价指标<sup>[10]</sup>。当然,人为活动可能加速或推迟发生在土壤中的变化,如开垦不当,造成沙化或水土流失,会使质地与土层厚度发生变化,这时就应将质地与土层厚度作为评价指标。

此外,地形坡度、灌溉条件、排水条件状况等也是持续性评价应考虑的土地质量影响因素。人们可以通过修筑梯田改变地形坡度,通过水利建设改变灌溉和排水条件,它们虽然可以在较短的时间内得到改变,但这种基本农田建设工程量大,也不是一朝一夕可以变化的,可以看作人类长期劳动固化在土地上的生产力影响因素。

## 2.2 影响和反映土地生产稳定性评价指标的筛选

影响土地生产稳定性的因素主要来自两个方面,一方面是自然灾害,另一方面是社会因素和人类对自然的控制能力。反映土地生产稳定性的土地特性有:自然灾害的发生频度及控制措施、土地产权制度、灌溉条件(灌溉保证率)、排水条件、植物保护体系、机械化、肥料投入、土地利用限制因子的控制与改善等。

## 2.3 影响和反映水土资源保护性评价指标的筛选

影响和反映水土资源保护性的土地特性有:土地资源(数量与质量)、水资源利用状况、生物资源、土壤质量退化情况(沙化、盐渍化、污染、水土流失)等。

## 2.4 影响和反映经济可行性评价指标的筛选

一般来说,只有当经营管理土地所获得的收益大于或等于管理土地的投资时,土地经营者才会继续经营,否则,这个土地利用管理系统就终止了。反映经济可行性的指示因素有土地开发利用成本、土地经营收入、成本收益率和净收入等。

## 2.5 影响和反映社会接受性评价指标的筛选

社会接受性涉及到方方面面,包括土地经营使用者本身对土地使用制度的认可态度,接受保护土地措施的意愿和对维持农业生产基础条件的兴趣等。同时也包括土地利用系统外围涉及和影响到的人们对土地利用的反映。社会接受性的指示因素与地域、社会发展程度、土地利用主体和相关权益人(Stackhold)的职业、文化背景、年龄等有关。因此,选择社会接受性的指示因素一般采用参与式的方法,到社会中去进行实际调查采访,选择各土地权益人最关心的土地利用管理问题。

# 3 评价指标值的确定

评价指标值(criteria)的确定直接影响到评价的可操作性,评价指标值的确定可以通过大量样本的调查获得当地可以接受的标准值,也可以依据当地或类似区域的科学试验结果和国家、区域制定的一些标准来确定评价指标值。

### 3.1 土地生产力指标值的确定

对于土地生产力的指标值可以通过“理想土地”与“临界土地”的概念获得。所谓“理想土地”是指在现阶段,土地质量标准达到最高,是“最优值”;“临界土地”是指在现阶段土地质量处于临界状态,再低于此值,土地就会破坏或造成对作物的危害,是“临界值”。在“最优值”和“临界值”之间,存在着“可忍受值”。而超过“临界值”则可能不持续。

图 1 所示的几种评分函数,可以用来确定评价土地生产力的指标值。这 4 种评分函数 F-1、F-3、F-2、F-4 分别表示:“越多越好”、“越少越好”、“最适合的范围”和“最不适合的范围”4 种情况,L、B、U 分别表示阈值下限、基准线、阈值上限。坐标纵轴表示指示因素对评价目标的满意程度(或标准化值),最满意为 1。

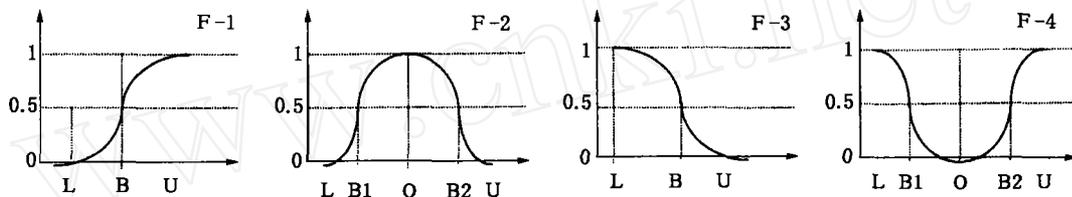


图 1 常用的几种评分函数

土壤有机质属于“越多越好”型;吨粮田是目前黄淮海平原农田的最高产量标准,一般吨粮田的土壤有机质含量应达到  $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,而如果土壤有机质含量低于  $8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,则土壤结构变坏,所以取有机质含量  $\geq 15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  为“最优值”(阈值上限);有机质含量  $8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  为临界值(阈值下限);有机质含量在  $8 \sim 15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  之间的属于“可忍受值”。表土全盐量属于“越少越好”型;按照盐渍化分级标准,全盐含量  $< 1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,一般不影响植物生长,为“最优值”;全盐含量  $> 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,一般作物不能生长,全盐含量  $> 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  即为临界值。将各阈值进行赋值之后,其它的数值可根据其影响特性确定评分函数或简单地采用阈值折线法进行标准化。

### 3.2 自然资源指标值的确定

以土地资源利用的平衡与协调为主线,在生产所需资源和资源持续供应量之间寻找指标值;以资源贮量和开发利用的速率为基本变量,考察资源的持续供应程度。

**3.2.1 可更新资源持续性评价的计算模式** 可更新资源的特点是有再生能力,但其更新能力(速率)是有限的,这类资源持续利用的条件是人类对它们的开发利用速率小于或等于它们的更新速率,因此可更新量就成为其持续性评价的参照。比如土壤侵蚀的速率不能超过土壤生成(无论是岩石风化形成,还是降尘形成)的速率。

可更新资源持续性的评价方法一般采用平衡法,即:令某资源的年更新量为  $Q_0$ ,人类对其开发利用为  $Q$ ,则该项资源的持续性指标  $P_i$ (平衡指数)由下式计算:

$$P_i = 1 - Q/Q_0 \quad (1)$$

$P_i$  越大则持续性越好,反之,则持续性能力越小。当开采利用量  $Q$  大于年更新量  $Q_0$  时,其行为是不持续的,因为它对资源的消耗超过了资源的更新能力。

**3.2.2 不可更新资源持续性评价的计算模式** 不可更新资源利用的持续性可用耗竭时间加以描述,而耗竭时间决定于资源利用率和资源总储量,一般利用率越高其持续性越好,但因资

源的储量不同,利用率相同但持续性能力不一样。随着资源的耗竭程度的增加,开发阻力加大,即开发速率与开发阻力有关。

### 3.3 环境指标值的确定

农业环境的持续性是指土地对农业生产的负效益的响应与忍受能力,它可以用环境容量和环境要素的变化率进行定量描述。如土壤重金属的环境容量是一定时限容纳重金属污染的能力,它等于某重金属的土壤临界含量(超过此值即产生毒害)与该元素的背景值的差,容量越大,则土壤对污染的缓冲能力越大;如果重金属含量超过临界值即可限制土地利用的持续性。土壤环境容量是以静止的观点来度量土壤的容纳能力,但土壤环境的持续性还决定于污染物的变化率(单位时间内污染元素的变化量),自然污染物的正变化率越大,则持续性越差。

### 3.4 经济可行性指标值的确定

投入产出比反映土地利用管理的经济效益。人们总希望“以最少的投入获得最高的产出”,因此,“最优值”是没有止境的。“临界值”比较容易确定,即投入(包括活劳动投入,其工资成本各地不一,也有一个社会接受值)产出比至少要等于1。高于“临界值”的都属于“可忍受值”。无论是“最优值”,还是“临界值”或“可忍受值”,都要通过社会调查来确定。在不同的运行经济范畴内,“最优值”和“临界值”的概念可能是不同的,需要考虑机会成本问题;它们的选择也还存在是针对某一具体的土地经营者,还是针对社会整体经济利益的问题。

### 3.5 社会接受性指标值的确定

社会接受性指标多是定性的指标,指标值往往是“yes”和“no”的2个值,也可通过采访土地使用者和其他有关利益人,获取他们对一些指标的忍受程度。

## 4 指标权重的确定方法

应用综合评价法,就要确定各评价指标的权重。往往以各评价指标对持续发展的限制性程度作为评价指标的权重分配依据。确定评价指标权重的常用方法有:经验法(德尔菲法)、相邻指标比较法、回归系数法、模糊综合评判法、试验统计法和主成分分析法等。

回归系数法是近年来国内外应用数理统计原理来确定评价指标权重的一种精确方法。这种方法的实质,是在评价内容与土地评价指标之间建立回归方程,将评价指标的回归系数作为其权重。如:用农作物单产来综合反映土地质量,把农作物单产作为因变量( $y$ ),影响土地质量的因子作为自变量( $x_i$ ),建立多元回归方程:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (2)$$

利用式2计算出各因子的标准回归系数值,即可得评价指标的权重。

## 5 评价方法

### 5.1 单指标多角度评价法

单指标多角度评价法是分别逐个评价土地利用在生产性、稳定性、保护性、经济可行性和社会接受性这5个方面的各项评价指标,即对反映评价对象的单项指标(包括复合指标)分别进行评价,从不同方面、不同角度评价它们是否满足持续性要求;这5个方面的任何一个若是

不持续的,则认为这种土地利用方式是非持续性的。这种评价方法能够反映被评价土地利用管理系统存在的不同问题,指出解决问题的办法。该方法特别适合复杂巨土地利用管理系统的评价,如一个区域的土地利用系统。评价的最终目的是找出土地利用过程中存在的不可持续因素,针对这种问题,提出解决问题的办法,使土地利用向可持续发展;因此,单指标多角度评价法有其相当好的应用价值。但单指标多角度评价法也有对总体情况判断不够准确的缺陷。

## 5.2 综合评价法

持续土地利用管理有多重目标,在很多情况下,适合综合指数评价法,特别是针对相对简单的土地利用系统,如耕地。综合指数评价法通过消除量纲的影响,使各指标值间具有同等效用,能够统一度量,最后得到一个综合评价指标值。近年来,多指标综合评价方法不断丰富<sup>[1]</sup>。

## 5.3 在等权条件下综合指数计算方法

1)加法 对评价因子,依据其评级标准分别标准量化,再将各因子值相加得总分,其中总分最高者为优等。

2)乘法 将各因子的分数连乘,用所得分数的大小评定土地利用管理状况。

## 5.4 在不等权条件下的计算方法

现实中,评价因子的不等权情况是普遍存在的,即土地因子中有的因子十分重要,有的因子不太重要。应用指数法来评价土地时,最关键的是确定各评价指标的权重,它对于评价成果的准确性有直接的影响。不等权条件下的指数计算方法常用下式:

$$IFI = \sum f_i \times a_i \quad (3)$$

式中:  $f_i$ ——第  $i$  个评价指标的分值;  $a_i$ ——第  $i$  个评价指标的权重。

指数法可能掩盖持续性限制因素。当土地利用管理系统存在着明显的限制性因素时,持续性指数不是由综合指数值来确定,而是由最大限制因素的分值或临界值来决定。实际上,就是将最大限制因素的权重看作 1,而将其他因素的权重当作 0。例如,当水土流失已经导致土层变薄而影响到耕种时,水土流失或土层厚度就是最大限制因素,这时,即使用其他指标评价得出的综合指标值再大,也可以判断土地利用管理是不持续的。

值得指出的是,持续土地利用管理评价指标非常之多,将所有指标放在一个层次里进行综合评价,很可能掩盖某些“重要指标”的影响作用。因此,应先对这些指标进行“分层”,采用多级指数法评价。

## 参 考 文 献

- 1 ACIAR/IBSRAM. Proceedings of the International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Vol. 2 Technical Papers, Chiang Rai, Thailand, 1991
- 2 University of Lethbridge. Proceedings of the International Workshop on Sustainable Land Management for 21st Century, Vol. 2. Plenary Papers, Lethbridge, Canada, 1993
- 3 FAO. FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management. World Soil Resources Report. 1993,73
- 4 Preri C, Dumanski J, Hamblin A, Young A. Land Quality Indicators. Washington D. C. World Bank Discussion Papers. 1996

- 5 Dumanski J, Preri C. Land Quality Indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 81: 93~102
- 6 Hans Hurni. Assessing sustainable land management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 81: 83~92
- 7 吴建军,等. 生态农业综合评价的指标体系及其权重. *应用生态学报*, 1992, 3(1): 42~47
- 8 罗其友,姜文来. 旱农区域资源持续利用模式评价指标. *干旱区资源与环境*, 1998, 12(3): 36~40
- 9 姜文来,罗其友. 区域农业资源持续利用系统评价模型. *经济地理*, 2000, 20(3): 78~81
- 10 李保国. 土壤变化及其过程的定量化. *土壤学进展*, 1995, 23(2): 33~42
- 11 胡永宏,贺恩辉. 综合评价方法. 北京: 科学出版社, 2000

## 科研简讯

### 2001年我校新增2名院士

生物学院陈文新教授(女)因在根瘤菌研究方面有突出成就,在2001年院士增选中当选为中国科学院院士。作物学院戴景瑞教授因在玉米育种研究方面成果显著,在2001年院士增选中当选为中国工程院院士。

### 我校6项成果荣获“中国高校科学技术奖”

2001年12月11日,教育部发布了“2001年度中国高校科学技术奖受奖项目公告”,我校共有6项成果荣获“中国高校科学技术奖”。戴景瑞教授主持的“优良玉米自系综3和综31的选育与利用”、李德发教授主持的“猪优质高效饲料产业化关键技术研究推广”获科技进步一等奖;郝晋珉教授主持的“黑龙港上游农业高效持续发展研究”、严毓华教授主持的“以应用蝗虫微孢子虫为主的蝗灾可持续治理对策及其配套技术体系”、韩建国教授主持的“华北农牧交错带草地畜牧业高效发展技术”获科技进步二等奖;李里特教授主持的“食物物性学”获自然科学二等奖。

### 我校“植物生理学与生物化学实验室”申报国家重点实验室通过论证

2001年11月8日,科技部在我校组织召开了以中国农业大学为主体,联合浙江大学申报的“植物生理学与生物化学国家重点实验室”建设申请论证会。论证委员会专家听取了实验室的建设申请报告和学术报告,考察了实验室环境与工作,经讨论,一致同意建设“植物生理学与生物化学国家重点实验室”。