

土地资源开发的农业生态效益评价

张殿发¹ 卞建民² 吴文业²

(1. 中国科学院贵阳地球化学研究所、环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 长春科技大学环境与建设工程学院, 长春 130026)

摘要:该文论述了土地资源开发生态效益评价的目的和意义,建立了土地资源开发的生态效益评价指标体系,包括 3 方面:①生态系统结构的合理性评价指标;②生态系统功能评价指标;③生态环境质量评价指标。采用分级综合评价法,即分两个层次进行评价研究;生态效益分类评价包括生态结构综合评价、环境质量综合评价和生态功能综合评价;生态效益总体综合评价。通过对吉林西部土地开发生态效益的综合评价,反映出评价指标体系的确定比较合理,选择的评价方法简便实用,得出的评价结果符合实际。

关键词:土地资源开发;生态效益评价;指标体系;生态结构;生态功能;环境质量

中图分类号:S181(34) **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7588(2001)02-0026-05

AGRICULTURAL ECO-BENEFIT EVALUATION ON LAND RESOURCES EXPLOITATION

ZHANG Dian-fa¹ BIAN Jian-min² WU Wen-ye²

(1. Guiyang Institute of Geochemistry, Key Lab of Environmental Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China;

2. Environment and Construction College, Changchun Science and Technology University, Changchun 130026, China)

Abstract: Discusses the significance of eco-benefit evaluation of land resources exploitation and points out the purpose of it is to provide scientific basis for decision-making of land resources exploitation. By means of eco-benefit evaluation, the eco-benefit of land resources exploitation can be distinctively predicted with different modes of land exploitation. According to eco-principle, the structure of land use should be regulated, the integrated benefit of agro-cosystem can be enhanced. An eco-benefit evaluation index system is set up which includes three aspects: 1) the rationality index of ecosystem structure which reflects the interrelation, combination and rationality of tempo-spatial allocation of diverse elements in the agro-ecosystem; 2) ecosystem function index which weights the sustainable productive capacity of agro-ecosystem when land resources was used; and 3) environmental quality index which represents the changing and developing trend of agro-eco-environmental quality. The classification and synthesis evaluation method was adopted in the study. In the evaluating process, the classification evaluation was carried out first which was followed by synthesis evaluation. The method was used in the western part of Jilin Province and the evaluation index system was proved to be rationale, the evaluation method is simple and practicable, and the evaluation result accords with the fact.

Key words: Land resources exploitation; Eco-benefit evaluation; Index system; Ecosystem structure; Ecosystem function; Eco-environmental quality

1 土地开发生态效益评价的目的和意义

土地资源开发的生态效益是指人类开发利用土地资源的经济活动,对农业生态系统结构和功能的影响,并进而对人类生活和生产产生直接和间接利益的生态效应。它包括以下几个方面的含义:第一,人类经济活动所引起的生态系统结构、功能和生态环境质量变化的结果;第二,这种结构又反作用于人类的经济活动,引起社会效益的增减;第三,生态效益在计量上可有正、负之分,它表示生态效益的相对增加或减少。

土地开发的生态效益是通过 2 个方面来表现的。一是通过生态系统结构和功能的变化,不断地为人类提供所需

收稿日期:1999-08-03;修回日期:1999-11-13

作者简介:张殿发(1964~),男,吉林九台市人,博士后,主要从事农业生态地质环境及土地资源可持续利用研究。

要的农业生物产品;二是通过生态环境的变化,不断满足人类对生态环境质量的需要。

生态效益评价的目的是为土地资源开发的决策提供科学分析依据。通过这一科学决策的实施,去影响农业生态系统,提高农业生态系统的生产力和生产效率,使人类-土地-环境成为和谐的统一体,取得土地资源开发最好的生态、经济、社会效益。

通过生态效益评价,可以比较清楚地认识到不同的土地开发模式会对农业生态环境造成哪些后果,及时采取措施,调整用地结构和开发模式,按生态规律来改善农业生态系统的运行。根据生态效益的变化规律,分析经济活动对生态效益的影响程度,对危及生态效益的经济活动,采取有效的控制和调整措施,使生态效益与经济效益同步提高。调整农、林、牧用地结构就是为了提高整个系统的综合效益。

我国土地资源人均占有量只是世界平均水平的1/6,人地矛盾十分突出^[1]。因此,如何合理地开发、利用和保护土地资源,对我国国民经济可持续发展至关重要。通过生态效益的评价分析,可以掌握农业系统中土地资源的生产力及生产效率变化状况,找出土地资源不合理利用的环节和原因,为土地资源的高产、高效及可持续利用提供可靠的依据。

2 土地资源开发生态效益评价指标体系

依据系统论的观点,农业生态系统的结构决定农业生态系统的功能,并且在农业生态环境的作用下,系统结构将不断地发生变化,进而影响农业生态系统的功能^[2]。

2.1 评价指标体系的构成

土地资源开发对农业生态系统的影响,首先是影响系统结构,系统的功能也随之变化。同时也改变着农业生态系统与环境之间的联系和作用状态,对环境产生影响,这种影响的结构,又反馈于农业生态系统的结构。所以,土地资源开发生态效益评价指标体系应该包括3方面^[3]: ①生态系统结构的合理性评价指标; ②生态系统功能评价指标; ③生态环境质量评价指标。生态系统结构评价主要是反映农业生态系统中各构成要素的组合及相互关系的特点,及其在系统中的空间配置和时空变化的合理性;生态功能评价则是衡量人类开发土地资源,从农业生态系统中持续稳定地生产产品(初级产品和次级产品)的能力;生态环境质量评价是分析土地资源开发活动引起农业生态环境质量的变化及其趋势,是否有利于农业的持续发展和满足人类对环境质量的要求^[4]。

土地开发引起的生态环境问题,是在土地资源开发的历史过程中累积形成的,为了对发展状况进行比较,生态结构评价和环境质量评价采用指数指标形式,以一个基期值或目标值来分析土地资源开发后的相对变化状态,有利于指标评价中的综合定量分析。土地资源开发的直接目的是为了获得一定的农产品,因此,选择了相应的产品产出率作为生态功能的评价指标,这类指标可以直接度量,也较容易获得相对的标准,因此生态功能评价指标采用直接计量比较。土地开发生态环境效益评价指标体系如下:

生态效益	生态结构综合指数 (F_1)	{	人口自然增长指数(F_1)
			森林覆盖率指数(F_2)
			水资源平衡(F_3)
	生态功能综合指数 (F_4)	{	农田土壤养分平衡(F_4)
			初级产品与次级产品结构比(F_5)
			耕地生产率(F_6)
			次级产品土地生产率(F_7)
			农田商品产能投比(F_8)
	环境质量综合指数 (F_9)	{	光温利用率(F_9)
			土地侵蚀面积变化率(F_{10})
			土地盐碱化面积变化率(F_{11})
			土地沙化面积变化率(F_{12})
			草地退化面积变化率(F_{13})
			水环境质量指数(F_{14})
土壤质量指数(F_{15})			

2.2 评价指标的标准

制定评价标准是土地资源开发生态效益评价中十分重要的内容,只有建立科学的评价标准,才能对土地资源开发的生态后果作出客观的评价,使得对土地资源开发的生态效益评价具有实际应用价值。土地资源开发对区域生态环境的影响具有明显的滞后性特点,除了对当地的生态环境产生影响外,对周边地区也产生影响,所以评价指标的标准,不仅需要通过对一定的时间观测外,还需要通过对一定的空间观测,并要通过大量针对性的分析实验,才能比较客观地提出标准数据。指标中目标值或控制值的选择确定是否合理,直接影响到生态效益评价的实际效果。在制定评价指标时,既要参照全国的平均水平,又要结合各地区的具体情况。

3 土地资源开发的生态效益评价方法

为了综合分析各指标对土地开发生态效益的影响,本文采用分级综合评价法^[5],这一方法的基本特点是:在对各项指标进行综合评价的数值运算中,以各项指标的评价级数(级别)为对象,而不是取各项指标评价的绝对值,然后再按照综合评价的计算值分级,由于按指标级数运算,所以,综合评价计算的分级与各项指标可以取相同的分级值域。在评价指标体系中,分两个层次进行评价研究:即生态效益分类综合评价,包括生态结构综合评价和环境质量综合评价,而生态功能综合评价是直接采用各项指标构成功能函数形式表示;而生态效益总体综合评价是对3类综合指标进行评价。

3.1 生态结构综合指数(F_r)

该指标可以采用2种方法计算,即“权重-最大级差调整法”和“算术平均-最大级差调整法”。

(1)权重-最大级差调整法。根据各结构指标在生态结构评价中的重要性排序,赋以相应权重,然后各指标值与相应的权重积相加,得到生态结构综合评价指数值。表示为

$$F_r = \sum_{i=1}^n G_i \cdot W_i$$

式中, F_r 为生态结构综合指数; G_i ($i=1,2,\dots,n$)分别表示单项指标:人口自然增长率指数、森林覆盖率指数、农田土壤养分平衡、水资源平衡、初级产品比指标所对应的评价级数; W_i 为相应指标在区域评价中的权重。关于权重 W_i 的确定方法有多种,如数理统计、模糊判别、层次分析、专家调查法等。本文采用专家调查法给各指标赋权且使 $\sum W_i = 1$ 。

该指标表示了生态结构单项评价指标的加权平均状况,由于各指标的值域不同,可能会因个别指标与综合指数值之间存在较大的级差,而产生综合指数评价结果与生态结构的实际状况有较大不同,为了避免这种情况的发生,采用最大级差调整法进行调整。生态结构综合指数计算结果应充分考虑较差指标因素的制约作用,把综合评价指数调整到相应的级别。这也反映出要提高系统生态结构的整体效益,必须要重视主导制约因素的改善。生态结构综合评价指数分级(见表1)。

表1 生态结构综合指数值域分级

级别	评价	值域
1	生态结构优良	$F_r \leq 1$
2	生态结构良好	$1 < F_r \leq 2$
3	生态结构中等	$2 < F_r \leq 3$
4	生态结构较差	$3 < F_r \leq 4$
5	生态结构差	$4 < F_r \leq 5$

表2 生态环境质量综合指数值域分级

级别	质量	值域
1	好	$F_r \leq 1$
2	较好	$1 < F_r \leq 2$
3	一般	$2 < F_r \leq 3$
4	较差	$3 < F_r \leq 4$
5	差	$4 < F_r \leq 5$

(2)算术平均-最大级差调整法。根据各结构指标的评价级数进行算术平均,得到生态结构综合指数值,表示为

$$F_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G_i$$

它反映生态结构的综合平均状况。

3.2 环境质量综合指数(F_r)

表示生态环境质量单项指标的一项综合指数,同样采用上述方法表示。生态环境质量评价分级(表2)。

生态结构综合指数和环境质量综合指数采用上述评价方法,其特点是按各指标的评价级数进行综合再评价,综合指数与各指标具有相同的分级值域,因而很容易确定综合评价的分级值域;由于按级数(均为正整数)进行综合评价,与按不同量纲指标的精确值的综合评价相比较,具有模糊评价的特点,避免了后者评价中的复杂性,也符合农业生态系统模糊性的特点。同时,采用最大级差调整法对计算的综合指数进行调整,是考虑生态效益限制因素的惩罚作用,使综合评价结构更加符合客观实际,有利于促进生态结构和生态环境质量各构成要素之间的协调。

3.3 生态功能综合生产效率(F_p)

它是评价生态功能的一项综合评价指标,本文采用产出投入比表示:

$$F_p = \frac{\text{耕地生产率} \times \text{光温利用率} + \text{次级产品土地生产率}}{\text{农田投入商品能}} \times 100\%$$

该指标是反映单位耕地面积的投入商品能,在农田系统中生产初级产品和次级产品的相对生产率,它是一个函数型复合指标,用于宏观生态功能的综合评价,指标值域越大表明功能越好。生态功能综合评价分级(表 3)。

表 3 生态功能综合生产效率值域分级

级 别	生产效率	值 域(%)
1	高	$F_p \geq 500$
2	较高	$400 \leq F_p < 500$
3	中等	$300 \leq F_p < 400$
4	较低	$200 \leq F_p < 300$
5	低	$100 \leq F_p < 200$

表 4 生态结构综合评价

指标名称	单项评价分级(C_i)
人口自然增长率指数	5(差)
森林覆盖率指数	5(差)
土地垦殖率指数	4(较差)
草地适宜载畜量指数	5(差)
农田土壤养分平衡	4(较差)
水资源平衡	3(中等)
生态结构评价结果	5(差)

这一综合评价指标的特点是直接将生态功能的单项指标作为相关参数而构成一个生态功能综合生产效率函数。反映出各指标对生态功能的内在关系,且有着比较明显的物理意义和物理量纲,而不是对各单项指标进行加权和其它方法的组合。

3.4 生态效益总体评价

在分类综合评价指数的基础上,进行生态效益的总体评价,本文采用分类综合评价指数级数进行组合评价分级,把分类综合评价指数的评价分级 1、2、3、4、5 级作为总体评价分级相应的 5 个类别,即将 3 项分类综合指数(生态结构综合指数、生态功能综合指数、环境质量综合指数)的评价级别,按其组合关系分为 5 类 9 级。

4 土地开发生态效益综合评价方法的应用

吉林西部土地资源开发的历史虽然不长,但其引起的生态环境后果却是相当严重,前人对本区的生态环境恶化成因分析一直处于定性描述阶段,对土地资源开发的生态环境效益从来没有进行过研究。本文以吉林西部为例,对土地资源开发的生态环境效益进行综合评价。

4.1 吉林西部农业生态环境的基本特点

本区属于温带大陆性季风气候,春季多风干旱,夏季温热多雨,秋季凉爽少雨,冬季寒冷少雪,年降雨量 400mm~500mm,而蒸发量高达 1 600mm~2 000mm。区内土地面积辽阔,土地退化严重,主要是耕地盐碱化、沙化和草场退化。吉林西部土地退化表现为土地退化类型多、分布广、面积大、危害重。目前全区土地退化面积已达 370.86 × 10⁴hm²,其中土地盐碱化面积 153.27 × 10⁴hm²,土地沙化面积 68.76 × 10⁴hm²,土地过度利用造成的耕地贫瘠化面积 117.88 × 10⁴hm²,不含沙化、盐碱化而因超载过牧等引起的草原退化面积 30.95 × 10⁴hm²。

4.2 吉林西部土地开发生态效益评价

4.2.1 生态结构综合评价 吉林西部位于半干旱的农牧交错区,农业生态系统兼有农田生态系统和草原生态系统的特性,且相互作用,相互影响。由于本区长期过垦、过牧、过垦、土地“三化”日益加剧。这一地区的工业和乡镇企业生产水平比较低,工业“三废”少,农业施用的化肥、农药量小,因而由此引起的农田生态环境质量的问题较小。所以,本区的生态结构评价指标主要选择人口自然增长指数、森林覆盖率指数、土地垦殖率指数、草地适宜载畜量指数,农田土壤养分平衡、水资源平衡,各单项指标分级(表 4)。

生态结构评价结果为5级,表明吉林西部土地开发的生态结构很不合理,这种失调的生态结构直接或间接地制约着本区生态功能的提高,并继续影响着农业经济的可持续发展。

4.2.2 生态功能综合评价 生态功能综合评价根据耕地生产率、光温利用率、次级产品生产率和农田投入商品能计算出生态功能综合生产效率(表5)。

从计算结果可以看出,生态功能综合生产效率正在逐渐提高,80年代以前生产率处于5级,90年代以来虽然有所提高,目前处于4级,但与全国的平均水平比较,本区生态功能的生产效率仍然较低。

表5 生态功能综合生产率

年份	耕地	光温利	次级产品土地	农田投入商	综合生	生态
	生产率 ($10^4\text{kJ}/\text{hm}^2$)	用率 (%)	生产率 ($10^4\text{kJ}/\text{hm}^2$)	品能 ($10^4\text{kJ}/\text{hm}^2$)	产效率 (%)	
1949	3 145	5.66	0.026	156	114	5(低)
1960	3 827	6.89	1.2	254	104	5(低)
1970	6 216	11.87	12.6	628	119	5(低)
1980	8 648	15.93	52.3	936	153	5(低)
1990	13 954	21.59	76.2	1 325	233	4(较低)
1998	15 369	26.34	84.5	1 521	272	4(较低)

表6 生态环境质量综合指数

指标名称	单项评价分级			
	30年代	70年代	80年代	90年代
土地盐碱化面积变化率指标	1	5(差)	5	4
土地沙化面积变化率指标	2	5(差)	4	3
草地退化面积变化率指标	1	5(差)	5	5
土壤环境质量指数	1	4(较差)	4	4
水环境质量指数	1	4(较差)	4	4
环境质量综合指数	1.2	4.6	4.4	4.0

的评价方法具有可操作性。

参考文献 (References):

- 高志强,刘纪远,庄大方.中国土地资源生态环境质量状况分析[J].自然资源学报,1999,14(1):93-96.GAO Zhi-qiang, LIU Ji-yuan, ZHUANG Da-fang. Analysis of Eco-environmental Quality Conditions of Land Resources in China [J]. Journal of Natural Resources, 1999, 14(1):93-96
- 靖学青.区域国土资源评价的系统分析方法.自然资源学报[J].1997,12(4):370-375. JIN Xue-qing. Systematic Analysis Method for Evaluating Regional Terrestrial Resources [J]. Journal of Natural Resources, 1997, 12(4):370-375
- 傅伯杰,陈利顶,马诚.土地可持续利用的指标体系与方法[J].自然资源学报,1997,12(2):112-118. FU Bo-jie, CHEN Li-ding, MA Cheng. Index System and Method for Sustainable Land Use [J]. Journal of Natural Resources, 1997, 12(2):112-118
- 赵卧龙,张玲娟.脆弱生态环境定量评价方法研究[J].地理科学,1998,18(1):73-78. ZHAO Yao-long, ZHANG Ling-juan. Study on Quantitative Evaluation of Fragile Eco-environment [J]. Scientia Geographica Sinica, 1998, 18(1):73-78
- 袁柏瑞,鲁明中,吴连海,等.农业资源开发生态效益评价及应用[M].北京:气象出版社,1993. YUAN Bai-rui, LU Ming-zhong, WU Lian-hai, et al. Ecological Benefit Evaluation and Application Developing Agricultural Resources. [M] Beijing: Meteorological Press, 1993