

黄土丘陵区农业生态安全评价指标体系初探

李芬¹, 王继军^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以纸坊沟流域为例, 构建了黄土丘陵区流域农业生态安全评价指标体系。依据该流域近 70 a 来的农业生态安全状况, 将该流域生态经济系统演变过程划分为 4 个阶段。从这 4 个阶段入手分析影响农业生态安全的主要因子, 得出了一系列评价指标。结合选取指标的科学性、动态性、实用性等基本原则, 参考压力—状态—响应(PSR)模型和多位专家的建议, 进一步筛选、分类和确定评价指标, 从而建立了一套由生态环境、社会经济、综合功能 3 大类, 20 个具体指标构成的适宜于黄土丘陵区的农业生态安全评价指标体系。

关键词: 黄土丘陵区; 纸坊沟流域; 农业生态安全; 指标体系

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)06—0184—05

中图分类号: F323.22

Evaluation Index System for Agricultural Ecology Security of Zhifangou Watershed in the Loess Hill and Gully Region

LI Fen¹, WANG Ji-jun^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking Zhifangou watershed for an example, this paper aims to design an evaluation index system for agricultural ecology security in the loess hill and gully region. The developing course of eco-economic system is divided into 4 stages according to the conditions of agricultural ecology security in nearly 70 years. Then the authors discuss the main factors which affect agricultural ecology security and obtain a series of evaluation indexes by analyzing the 4 stages. The evaluation indexes are selected, classified, and confirmed based on the index selecting principles of scientific foundation, developing condition, practicality, and so on, and by referring to the model of “pressure—state—response” (PSR) and the suggestions from several experts. The evaluation index system of agricultural ecology security suitable for the region is established, including ecological environment, social-economy, and integrative function, as well as 20 specific indexes.

Keywords: loess hill and gully region; Zhifangou watershed; agricultural ecology security; index system

1 黄土丘陵区流域农业生态安全评价指标体系研究的意义

生态安全是指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会次序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态, 包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全, 组成一个复合人工生态安全系统^[1]。它与粮食安全、水安全、政治安全、军事安全等之间有着千丝万缕的联系, 是整个

安全体系的载体。其中, 生态安全评价是生态安全研究的主要内容, 对于一个国家或地区的经济发展、资源合理利用和生态环境建设起着至关重要的作用。生态安全评价研究的关键环节是建立科学的评价标准与评价指标体系^[2]。

黄土高原以其严重的水土流失著称于世, 其中黄土丘陵沟壑区水土流失最为严重。黄土丘陵沟壑区面积约 $2.5 \times 10^5 \text{ km}^2$, 年输入黄河泥沙约占黄河总输沙量的 90%^[3]。植被破坏, 生物多样性减少, 土壤

收稿日期: 2007-05-29

修回日期: 2007-08-30

资助项目: 中国科学院水利部水土保持研究所领域前沿项目(SW05102); 中国科学院知识创新项目(KZCX2—XB2—05—01); 国家科技支撑项目(2006BAD09B07)

作者简介: 李芬(1984—), 女(汉族), 山西省运城市人, 硕士生, 研究方向为流域生态、生态经济。E-mail: lifen0359@yahoo.com.cn.

通讯作者: 王继军(1964—), 男(汉族), 陕西省渭南市人, 研究员, 主要从事生态经济研究。E-mail: jjwang@ms.iswc.ac.cn.

肥力下降等导致了该区水土流失严重,沙漠化加剧等一系列生态失调问题。以及生态与经济的关系恶化,农业生态经济系统处于不安全态势。为了根治生态经济系统恶化,构建生态安全体系,20世纪80年代中期,在黄土高原建立了11个综合治理试验示范区。纸坊沟流域作为黄土丘陵区的一个典型流域,经过20 a余的系统治理,初步进入生态安全态势。

纸坊沟流域地处黄土丘陵沟壑区第二副区,1938年生态系统处于自然平衡状态,此后先后经历了“破坏—修复—破坏—修复”过程,历经近70 a,发展到今天生态经济系统良性循环阶段^[4],它成功的经验和教训可供同类型区参考。由于黄土丘陵区生态安全研究相对滞后,加之目前尚未有统一的、标准化的生态安全评价指标体系,因此,以纸坊沟流域近70 a生态经济系统演变过程为基础,通过对不同发展阶段生态安全态势的动态监测与实地调研,研究农业安全评价指标体系具有重要的现实意义。

2 评价指标体系选择的依据

2.1 农业生态经济系统演变过程及生态安全态势

纸坊沟流域隶属于陕西省安塞县沿河湾镇^[5],东经 $109^{\circ}19'23''$,北纬 $36^{\circ}51'30''$,流域面积 8.27 km^2 ,包含2个行政村中的纸坊沟、寺岷岷、瓦树塌3个自然村。海拔 $1\ 068\sim 1\ 309\text{ m}$,年平均气温 $8.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均降雨量 500 mm 。降水年际变率大,枯水年只有 300 mm 左右,丰水年可达 700 mm 以上,且年内分配不均。多暴雨,年蒸发量大于 $1\ 463\text{ mm}$ 。根据农业生态安全变化状况,可将纸坊沟流域生态经济系统整个演变过程划分为以下4个阶段:以1938年为基点,1939—1972年为逐步破坏时期;1973—1985年为不稳定恢复时期;1986—1998年为稳定恢复时期;1999年至今为良性生态初步形成期。

从可追溯的资料来看,1938年纸坊沟流域生态系统处于一种自然平衡状态。据老人回忆,当时人口稀少,农民几乎都在流域内从事农业生产活动,人均土地 0.086 km^2 ,林草茂盛,尚有1~2人合抱的大树,粮食产量为 $1\ 449\text{ kg/hm}^2$ 。据县志记载^[5],民国初年,城内荆棘蔓高雉堞,豺狼猛兽翱翔出没,昼食人肉,恶于獯豸。此时的农业生态经济系统处于一种生态安全态势。随着人口的增多及战争的影响,从20世纪40年代开始,纸坊沟流域农业生态经济系统逐步陷入失调状态。1939—1958年,人口密度由 11.4 人/km^2 变为 26.7 人/km^2 ,增长了2.34倍,人

均土地减少到 0.037 km^2 ,农耕地扩大,耕垦指数高达51.5%,余存果树和灌木 0.035 km^2 ,仅为土地面积的0.4%。乔灌植被破坏殆尽,水土流失极为严重,土壤侵蚀模数达 $15\ 000\text{ t/km}^2$ 。粮食产量下降到 415.5 kg/hm^2 ,生态与经济关系严重恶化。1959—1972年,人口由221人增至383人,人口密度增至 46.3 人/km^2 ,人均土地 0.022 km^2 ,在某些政策的引导下,开垦荒地广种粮食,农林牧土地比例变为 $1:0.08:1$,林草植被依然被严重破坏。当时也无肥料和科技投入,土地生产率低,土壤质量下降,水土流失十分剧烈,农民温饱已成问题。平均土壤侵蚀模数 $12\ 500\text{ t/km}^2$,人均纯收入222元/人,粮食单产 561 kg/hm^2 。此时的农业生态经济系统处于生态不安全态势。

根据延安地区和安塞县的要求^[5],纸坊沟流域从1973年开始被作为试点开展水土保持综合规划与治理,坚持以恢复植被,防止水土流失,建设基本农田为中心,实行山水田林路综合治理,乔灌植被增多,林草面积率达到43.9%,生态环境有了很大改善。但1981年以后实行农业生产责任制,提高了农民进行农业生产的积极性,农民竞相扩大耕地,流域内再次盛行开荒,广种粮食,耕垦指数由1975年的42.9%上升到1983年47.9%,粮食产量为 450 kg/hm^2 。养羊盲目发展,林草地遭到不同程度毁坏,林草面积率降低为40.1%,农林牧比例变为 $1:0.3:0.5$,此时农业生态经济系统处于生态安全不稳定态势。

1986年以来,纸坊沟流域被先后列入陕西省和国家重点科技攻关项目,经过“七五”,“八五”和“九五”等10 a多的综合治理,林草植被得到了恢复,生态环境状况得到改善,在人口持续增加的情况下,粮食产量逐渐提高,继而发展了林草业、畜牧业及相关产业等,农民收入也随之增加。1998年人口密度增加为 66.1 人/km^2 ,平均土壤侵蚀模数持续下降到 $2\ 201\text{ t/km}^2$,林草面积率增加到54.9%,粮食单产大幅度提高为 $2\ 730\text{ kg/hm}^2$,农民收入明显增加,人均纯收入达1 746元/人,农林牧比例变为 $1:2.0:2.2$,农业生态经济系统处于生态安全逐步稳定态势。

从1999年开始,纸坊沟流域利用“退耕还林还草、封山绿化、个体承包、以粮代赈”的机遇^[6],进一步进行生态环境建设,促进了生态经济系统的可持续发展。人口密度由2000年的 58.1 人/km^2 增加到2005年的 64.6 人/km^2 ,2005年人均基本农田 $0.014\text{ km}^2/\text{人}$,粮食单产达 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$,人均纯收入达到

2 448 元,林草面积率达到 58.2%,土壤侵蚀模数降到 2 180 t/km²,农林牧比例调整为 1:6.2:3.9,此时,农业生态经济系统处于生态安全态势。

2.2 影响农业生态安全状况变化的主要因子

为了进一步描述纸坊沟流域近 70 a 生态经济系统演变过程,选择了人口密度、农地、林地、牧地、耕垦指数、林草覆盖率、人均粮食产量等数据易得并具有代表性的 7 个指标反映不同阶段农业生态经济系统态势(图 1)。

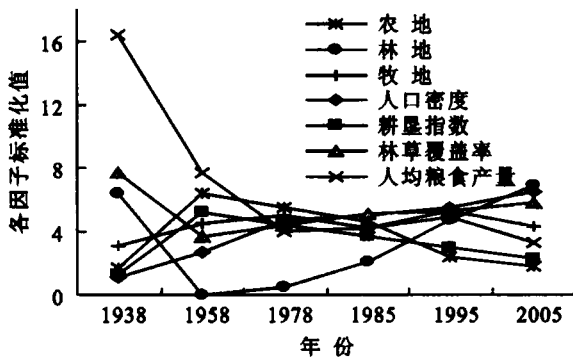


图 1 纸坊沟流域农业生态安全动态变化

由图 1 可明显看出,伴随着人口密度的持续增加,国家或区域政策的影响,林草植被发生变化,农林牧比例不断调整,土壤侵蚀模数、人均粮食产量、人均纯收入等也随之变化,导致纸坊沟流域在时间序列下生态环境状况与社会经济发展之间呈波动式演变。

2.3 初步结论

纸坊沟流域生态经济系统在不同的演变阶段,其农业生态安全状况的主要影响因素不同,所得出的指标也存在一定的差异。

1939—1958 年,人口变化、林草植被破坏、农耕地增加、林地骤减、广种薄收等导致水土流失加剧。由此引出的指标有:人口密度、耕垦指数、林草面积率、农林牧土地利用结构、农用土地生产率、人均粮食产量、土壤侵蚀模数、土地退化率。

在 1959—1998 年的生态经济系统发展过程中,除自然、经济因素之外,起主要作用的因素是人口变化、国家或区域政策及农民的积极性。因此产生的指标有:人口自然增长率、耕垦指数、生物多样性、人均耕地、人均基本农田、土壤侵蚀模数、土地退化率、水土流失治理率、农林牧土地利用结构、人均粮食产量、农产品自给率、农业劳动生产率、农业产投比。

自 1999 年实施退耕还林还草政策以来,除自然、经济因素之外,国家政策、农民的经营意识起了很大作用。由此得出的指标有:人均基本农田、水土流失治理率、造林面积、农林牧土地利用结构、农产品商品

率、人均纯收入、农业产投比、9 年义务教育普及率、农村劳动力人均受教育年限、工副业贡献率、流域农业产业链与资源量的相关度^[7]。

除此之外,一些自然因素、科技等社会因素方面的指标隐含在其中。比如,年平均降水量、植物物种丰富度、农村恩格尔系数、基尼系数、农业自然成灾率、农业比较优势系数、农村人均住房面积、农业科技贡献率^[8]。

从整个系统演替过程看,影响纸坊沟流域农业生态安全状况的评价指标大体可分为以下三方面。

(1) 生态环境方面。包括:人口密度、人均基本农田、年平均降水量、林草面积率、植物物种丰富度、耕垦指数、土壤侵蚀模数、水土流失治理率、人均水资源拥有量、生物多样性、农业自然成灾率、造林面积、人均耕地、土地退化率。

(2) 社会经济方面。包括:人口自然增长率、人均粮食产量、人均纯收入、农产品商品率、农村恩格尔系数、农村人均住房面积、农村劳动力人均受教育年限、人口自然出生率、死亡率、农用土地生产率、农业劳动生产率、基尼系数、农产品自给率、9 年义务教育普及率、单位面积农药、化肥及农膜的负荷。

(3) 综合功能方面。农林牧土地利用结构、粮食单产潜力实现率、农业产投比、工副业贡献率、流域农业产业链与资源量相关度、农业比较优势系数、农业科技贡献率。

3 评价指标体系的建立

3.1 评价指标体系建立的基本原则

以黄土丘陵区为基点,以农业生态安全所需考虑的生态环境与经济发展相协调这一问题为目的,所建立的评价指标体系至少应具备 3 方面的功能:一是定量表征生态环境状况,二是体现社会经济持续发展状况,三是能够表征社会综合发展能力。结合对纸坊沟流域近 70 a 资源环境、经济发展和水土流失状况及水土保持与生态农业建设经验的综合考察,构建流域农业生态安全评价指标体系应遵循以下基本原则。

(1) 科学性原则^[9]。即指标的选择,数据的获取、计算等要建立在科学的基础上。指标的概念、意义明确,测定方法标准,统计计算方法规范。指标能够度量和反映黄土丘陵区流域农业生态安全现状及发展趋势。时间序列数据必须有效。所选的评价标准既能反映农业生态安全评价的预测内容,又能反映流域农业生态安全目标的实现程度。

(2) 资料收集的可行性和可操作性。体系中的指标应具有可操作性和可比性,指标体系应尽可能简化,计算方法简单,数据易于获得。

(3) 引导性。指标体系要体现与该流域农业生态安全总体目标一致的策略,以规范和引导典型流域未来的发展方向。

(4) 具有整体性和主要成分性。即指标体系能够全面反映流域生态系统的总体特征,符合流域农业生态安全的目标内涵,但又要避免指标之间的重叠,使评价目标与评价指标有机地联系起来,组成一个层次分明的整体。

(5) 层次性。根据评价需要及流域农业生态安全状况的复杂性,指标体系可分解为若干层次结构,使指标体系合理、清晰。

(6) 动态性与稳定性。农业生态安全状况是一个动态变化的过程,所选用的指标也应该是一种随时空变动的参数,同时又应保持指标在一定时期内的稳定性,便于进行评价。

(7) 实用性。生态安全评价的目的是为监测农业生态安全的变化和综合治理服务的,因此选取的评价指标,不但应具有典型代表性,更重要的是应具有科学实用价值,在满足农业生态安全评价影响因子全面考虑的基础上,选取能直接反映不同等级生态安全特征的因子进行评价。

3.2 评价指标体系的建立

农业生态安全评价是指根据农业生态安全影响因素与社会经济持续发展之间的相互作用关系,在分析生态环境对社会经济持续发展的影响与制约的基础上,分析研究农业生态安全与不安全的界线,并用一系列安全评价指标对农业生态安全的程度予以区分的一种方法,主要是针对人类活动对生物与环境的影响进行评价^[2]。

生态安全评价指标体系的建立都要依据一定的方法来进行,目前国内外学者普遍接受并被广泛使用的方法是联合国经济合作开发署建立的压力—状态—响应(P—S—R)框架模型方法^[10],该框架具有综合性、灵活性的特点,同时它还强调了经济运作及其对生态环境的影响之间的联系。在此基础上,采用专家咨询法^[11],把初选的指标给本课题组老师和相关领域的多位专家进行意见征询,进一步对指标进行筛选与归纳。

综合上述,以影响农业生态安全的主要因素为基础,以评价指标体系建立的基本原则为依据,借鉴压

力—状态—响应(PSR)模型,征求多位专家意见,形成图 2 所示的黄土丘陵区流域农业生态安全评价指标体系。该指标体系分为生态环境指标、社会经济指标、综合功能指标三大类,由 20 个具体指标构成。

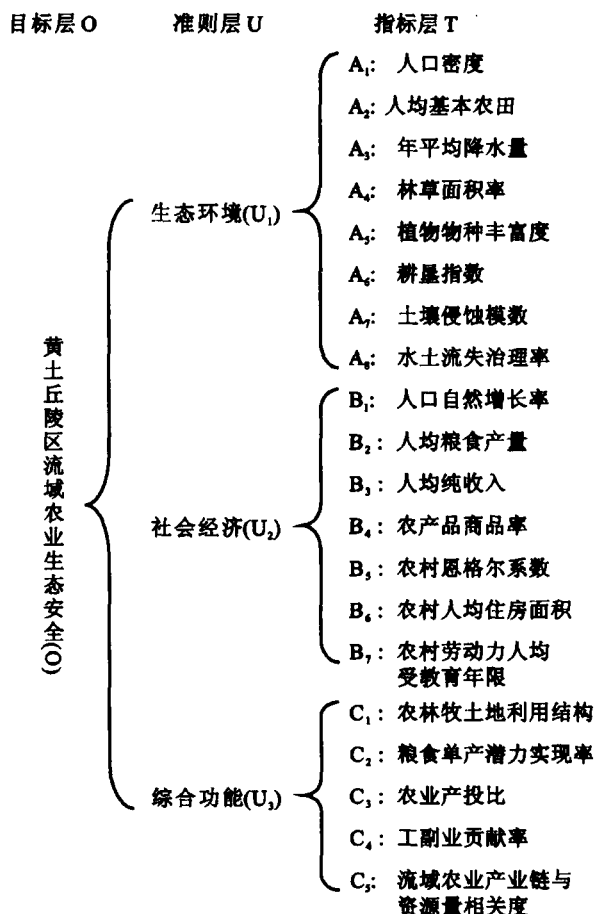


图 2 黄土丘陵区流域农业生态安全指标体系层次结构

4 结语

由于生态安全涉及自然科学、经济科学、社会科学和安全科学等学科之间的交叉,迄今为止,生态安全尚未形成标准化的概念,对生态安全评价的研究正处于不断探索和发展阶段,尚未形成成熟的理论体系、评价指标体系及评价方法。不同学者在不同的时空研究中采用不同的评价指标体系和评价模型^[12],但能够适合不同尺度上生态安全评价的指标体系及评价模型还有待开发和研究;另外,目前国内外学者对生态安全评价的研究多强调现状评价,对整个生态经济系统演变过程的研究很少,对黄土丘陵区流域层次上的评价研究甚少。本文在生态经济学理论的指导下,参考评价指标体系选取的基本原则和多位相关专家的意见,经过筛选和总结,从生态环境、社会经济、综合功能三方面构建黄土丘陵区流域层次上的农业生态安全评价指标体系。

农业生态安全评价指标体系的建立,对于黄土丘陵区农业生态安全的评估,生态安全方案的制定,措施的提出具有重要的意义。以纸坊沟流域近 70 a 生态经济系统演变过程为基础所建立的农业生态安全评价指标体系基本上能够反映和表征黄土丘陵区生态安全的态势,因而可供同类型区域参考。在今后的研究中,通过对黄土丘陵区农业生态安全的评估,进一步验证和完善了这一指标体系,进而说明该指标体系在黄土丘陵区典型流域农业生态安全评估中具有现实意义。

[参 考 文 献]

- [1] 肖笃宁,陈文波,郭福良.论生态安全的基本概念和研究内容[J].应用生态学报,2002,13(3):1—3.
- [2] 吕光辉.中国西部干旱区生态安全评价、预警与调控研究:以新疆地区为例[D].新疆大学,2005:16.
- [3] 卢宗凡,梁一民,刘国彬.中国黄土高原生态农业[M].西安:陕西科学技术出版社,1997:15—16.
- [4] 王继军,郭满才,等.纸坊沟流域生态经济系统演变规律

研究[J].中国农学通报,2005,21(10):324—329.

- [5] 安塞水土保持综合试验站.黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究(上册)[M].天则出版社,1990:1—16,40—41.
- [6] 王继军.退耕还林还草的生态经济学基础[J].农业经济问题,2003(8):21—25.
- [7] 王继军,郑科,郑世清,等.中尺度生态农业建设效益评价指标体系研究[J].水土保持研究,2000,7(3):243—247.
- [8] 牛若峰,何桂庭,朱希刚,等.农业科学技术研究和利用的经济评价[M].北京:农业出版社,1985.
- [9] 周上游.湖南省农业生态安全与评估体系研究[D].中南林学院,2004:53—56.
- [10] 左伟,周慧珍,王桥.区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J].土壤,2003(1):2—7.
- [11] 曹利军.可持续发展评价理论与方法[M].北京:科学出版社,1999:56—57,72,118—182.
- [12] 王根绪,陈国栋,钱鞠.生态安全评价研究中的若干问题[J].应用生态学报,2003,14(9):1551—1556.

(上接第 144 页)

表 2 评价指标权重

评价准则	评价指标	权重值
生态效益	C ₁	0.085 7
	C ₂	0.047 3
	C ₃	0.013 0
保水保土效益	C ₄	0.206 6
	C ₅	0.041 4
经济效益	C ₆	0.009 9
	C ₇	0.016 1
	C ₈	0.022 0
	C ₉	0.035 5
	C ₁₀	0.026 5
	社会效益	C ₁₁
C ₁₂		0.192 9
C ₁₃		0.075 9
C ₁₄		0.193 0

3.2.2 综合效益评价 根据上述各评价指标权重和无量纲化数据矩阵,计算梅县生态修复区不同水平年生态修复效益,对不同水平年的生态效益、保水保土效益、经济效益、社会效益及综合效益评价价值进行计算,并将计算结果换算成百分制得分,具体的计算结果见表 3。

表 3 效益评价得分

年份	生态效益	保水保土效益	经济效益	社会效益	综合效益
2001	27.90	16.67	5.83	9.78	21.03
2002	35.24	18.43	6.84	11.14	24.47
2003	42.02	22.91	8.04	12.44	28.64
2004	49.60	28.80	9.20	14.60	32.09

评价结果表明,各项效益均呈逐渐增长趋势,其中生态效益 2004 年比 2001 年提高了 77.8%,保水保土效益提高 72.8%,经济效益提高 57.8%,社会效益提高 49.3%,综合效益提高 52.6%。说明经过 3 a 的生态修复,各项效益都有不同程度的提高,其中以生态效益和保水保土效益最为显著。

[参 考 文 献]

- [1] 李智广.刍议水土保持生态修复工程的监测内容[J].水土保持通报,2004,24(2):46—47.
- [2] 薛顺康.生态修复项目监测初探[J].中国水土保持,2004(11):8—9.
- [3] 王继军,郑科,郑世清,等.中尺度生态农业建设效益评价指标体系研究[J].水土保持研究,2000,7(3):243—247.
- [4] 贺北方,刘正才.多级模糊层次综合评价的数学模型及应用[J].系统工程理论与实践,1989,9(6):1—6.