

黄土丘陵区生态农业建设效益评价指标体系初步研究

徐 勇¹, 韩国义²

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 瑞典国际环境研究院, 斯德哥尔摩 SE-103)

摘 要: 总结了评价指标体系的概念, 阐述了构建评价指标体系的目的和应遵循的基本原则; 依据生态农业建设的系统特征和指标间的前后、左右关系理清了评价指标体系的结构, 初步建立起了适用于黄土丘陵区的生态农业建设效益评价指标体系, 并对一些新指标或重要指标进行了解析; 最后以燕沟流域为例, 检验了评价指标体系的实证应用效果。

关键词: 生态农业; 效益评价; 指标体系; 黄土丘陵区

中图分类号: S181

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)04-0139-05

Preliminary Study on the Benefit Evaluation Index System of Eco-agricultural Construction in Loess Hilly-gully Region

XU Yong¹, HAN Guo-yi²

(1 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2 Stockholm Environment Institute, Stockholm SE-103, Sweden)

Abstract: In order to meet the demand of eco-agricultural construction in the loess hilly-gully region, it is important to establish the benefit evaluation index system of eco-agricultural construction. The authors generalized the concept of the index system and discussed the targets and rules of organizing the index system. Based on analyzing the systematic characteristic of eco-agricultural construction, the relationship between indices and the structure of the index system, the benefit evaluation index system suited to eco-agricultural construction was established in the loess hilly-gully region. And then, the index system was applied to Yangou watershed and the result of the case study showed that the index system is applicable for the benefit evaluation of eco-agricultural construction in the loess hilly-gully region.

Key words: eco-agriculture; benefit evaluation; index system; the loess hilly-gully region

黄土丘陵区已严重恶化的生态环境及其对黄河下游地区社会经济发展构成的严重威胁决定了它在全国国土总体格局中的功能定位具有强烈的生态环境保护性, 其核心问题是尽快有效控制水土流失和恢复林草植被。由此规定的黄土丘陵区农业发展必须坚持生态环境第一位的原则, 即控制水土流失和整治生态环境是黄土丘陵区农业发展的战略前提。“九五”以来, 随着国家政策方针的调整, 黄土丘陵区生态农业建设呈现出了明显的“寓经济发展于水土流失控制和生态环境整治之中”的合理趋势。构建能客观评判生态农业建设进程和效果的效益评价指标体系正是为了适应这种新的形势, 希望能为推动黄土丘陵区生态农业建设向规模化和纵深化方向发展提供必要的方法论储备。

黄土丘陵区生态农业建设效益评价指标体系是指人类基于对该地区生态环境和基于生态环境基础之上的农业生

产系统的认识而建立的能较客观地反映和表征生态农业建设进度和特征的彼此联系密切的系列度量指标集合的总称。构建生态农业建设效益评价指标体系的根本目的在于通过制定适当的度量指标, 并依据指标间的前后、左右关系, 形成有序而全面的评价指标系统, 用以定量地反映和衡量生态环境建设和生态农业发展的有效性状况, 藉以勾绘出不同地域和不同模式生态农业建设的基本轮廓, 从而为生态农业建设提供工作方向和量化范围。

1 构建评价指标体系的基本原则

为贯彻“寓经济发展于生态环境整治之中”的战略方针, 针对生态农业建设解决生态环境与经济发展问题的宗旨, 所构建的评价指标体系至少应具备三个方面的评价功能: 一是定量表征生态环境效益, 二是评价经济效益, 三是评判是否

* 收稿日期: 2002-05-15

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX1-10-07-04)

作者简介: 徐勇, 男, (1964-), 陕西榆林人。副研究员, 主要从事农业与乡村发展、区域持续发展模拟等领域的科研工作。

具有可持续发展性。综合 50 多年来黄土高原有关资源环境综合考察、土壤侵蚀与水土流失研究成果以及水土保持和生态农业建设实践经验,设置生态农业建设效益评价指标体系一般应遵循以下基本原则。

1.1 科学性原则

评价指标体系必须建立在遵从资源农业利用的自然规律、生态规律和经济规律等科学基础之上,能客观地反映农业生产系统内部的经济效益及外部环境影响状况,通过相互联系的指标,能较好地度量和评价不同地区、不同类型和不同模式生态农业建设目标实现的程度。

1.2 整体性原则

生态农业建设所追求的目标要求评价指标体系覆盖面较广,尤其能从横向角度综合地反映生态农业建设在生态环境效益、经济效益和可持续发展性三个方面的有效性状况,能全面地体现生态农业建设的宗旨,如生态环境是否向趋良化方向发展,减沙效益、植被覆盖率是否较高,经济效益是否合理,以及资源利用的社会满足程度、可持续性等。

1.3 可操作性原则

评价指标体系中的各指标应简单明了,便于获取和计算,不必再作大量的调查和研究。尽可能用惯用的百分比、单位面积产出、单位投入产出、利用效率等表示。量纲要统一,多采用实物量、货币,要求具有较强的可比性。在选取指标时,应尽量选取富有代表性、多用途性和可量化的指标。各指标在含义上和计算方法上不能是模糊不清的。

1.4 层次性原则

指标的组织必须依据一定的逻辑规则,具有较强的结构层次性和顺序性,而非杂乱无章、平行并列或简单的排列组合。评价指标体系一般由 2~ 3 层构成,越往上,指标越综合;越往下,指标越具体。在结构顺序性方面,一般生态效益指标居第一位,经济效益指标居第二位;可持续发展指标不具独立性,它依赖于生态和经济效益指标而存在,换句话说,可持续发展性反映的是生态效益和经济效益随时间的变动状况。

1.5 动态性原则

生态农业建设是一个动态变化的过程,这种动态变化性主要体现在两个方面。一是农业生产的周期性和周期循环的连续性。有些指标很难在一个周期内界定,往往需要通过一定的时间尺度,经过几个周期循环才能得到反映;二是随着科学技术的进步和人类认识自然水平的提高,生态农业建设的广度和深度也处于发展变化之中,因而要求评价指标的选择要充分考虑动态发展和变化的特点。

2 评价指标体系设置

明确了生态农业建设的实质、构建评价指标体系的目的和应遵循的基本原则后,要设计出能定量思考和客观评判生态农业建设效益优劣状况的评价指标体系,还必须对基于生态环境整治基础上的生态农业建设过程和途径作进一步的系统分析,进而才能依据生态农业建设的系统特征和指标间的前后、左右关系理清评价指标体系的结构。为便于研究分

析,可将生态农业建设系统概念性地划分为三个相对独立的部分(图 1),即土地整理/土地利用结构调整、农业和农村产业/主导产业选择和培育、生态农业建设效益目标^[1]。土地整理/土地利用结构调整,通过建设基本农田、兴建果园和开展人工种草等奠定农业和农村经济发展的产业基础,除继续营造人工乔灌林外,彻底封禁荒沟陡坡地。农业和农村产业/主导产业选择和培育,通过生态环境与农村产业基础的一体化建设,在修梯田、平整川台地和坡地恢复林草植被等工作的基础上,发展畜牧业、林果业主导产业和自给性粮食、蔬菜等种植业,并适时发展深加工工业、商贸业和配套服务业等。生态农业建设效益目标包括生态环境效益目标、经济效益目标和具有显著的可持续发展特征。基此,生态农业建设效益评价指标体系在结构上可划分为生态环境、经济和可持续发展三个类别,每个类别又分别由综合指标和单项指标组成(表 1)。

表 1 黄土丘陵区生态农业建设效益评价指标分类

综合指标		单项指标
生态环境效益 评价指标	土地利用结构	各类型土地利用面积
	减沙效益	水土流失面积,土壤侵蚀模数
经济效益 评价指标	永久性植被覆盖率	坝系系数,坝地系数
	投入产出比	森林覆盖率,林地郁闭度
可持续发展 评价指标	人均收入	生态农业建设投资密度,单坝建设平均投资额度
	人均占有粮食	基本农田建设投资密度,林草植被恢复投资密度
人口康裕载荷	农业科技贡献率	单位面积农产品产出,农产品增殖加工率
	农业科技进步指数	农产品自给率,农产品商品率
农业科技贡献率	农业科技进步指数	人均经济林果收入,人均牧业收入,人均种植业收入
	农业科技进步指数	人口增长率
牧草地改良/退化程度	牧草地改良/退化程度	人均收入变化,人均基本农田变化
	牧草地改良/退化程度	人均经济林地变化,人均牧草地变化

评价指标体系的结构轮廓已基本明了,有待进一步探讨的问题是指标层次的划分和对评价指标的适当取舍。在指标层次方面,考虑设计为综合评价指标层和基础评价指标层两个层次较为合理,很显然,综合评价指标层由表 1 中的综合指标构成,基础评价指标层多由单项指标构成。需要说明的是这样的指标层次划分仅出于一般性考虑,并不意味着指标层次划分具有惟一性;在指标取舍方面,考虑到评价指标体系既要系统、全面,又要便于实际操作,因此,入选指标既不能太少,也不能太多。经过对表 1 所列评价指标对比分析,发现各类别综合指标与单项指标之间并不具有归属惟一性关系,存在一个单项指标与两个以上综合指标有密切关系的情况。综合上述各方面情况,本研究形成了如图 2 所示的黄土丘陵区生态农业建设效益评价指标体系。在应用该推荐评价指标体系时,不管是综合评价层指标还是基础评价层指标都可视实际情况而进行必要的取舍和调整。

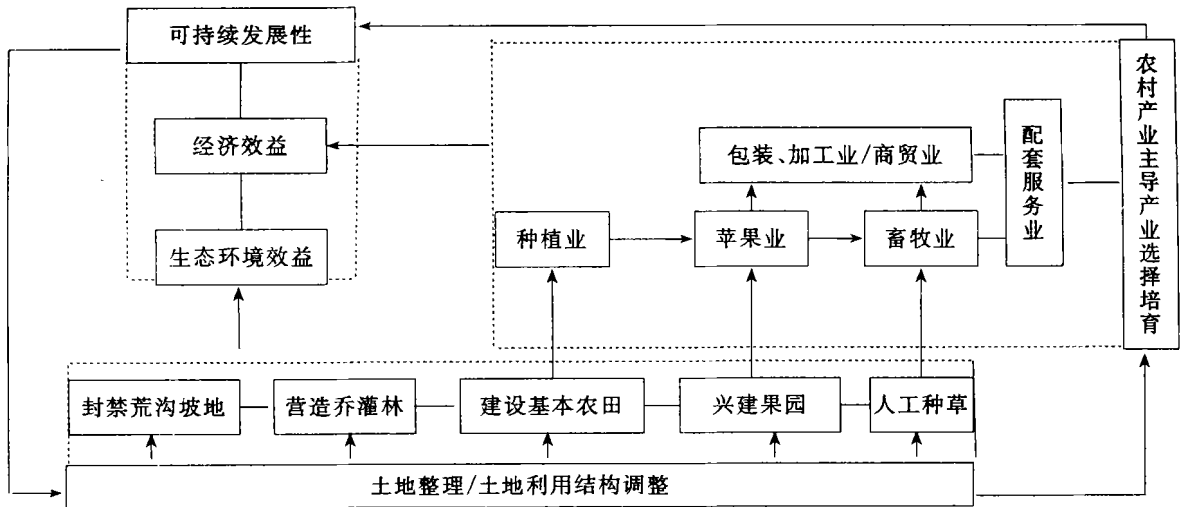


图1 黄土丘陵区生态农业建设系统概念性构架图

3 主要评价指标解析

3.1 生态环境效益评价指标

3.1.1 减沙效益 减沙效益是衡量水土流失控制状况最直接的指标,可被定义为单位时间、单位面积上由某种措施或方式所引起的侵蚀泥沙减少量占本底侵蚀泥沙总量的比例。单位时间一般为一年,单位面积多采用平方公里。计算公式为:

$$L_s = (V_f - V_l) / V_f \cdot 100\%$$

式中: L_s ——减沙效益; V_f ——措施前土壤侵蚀模数; V_l 为措施后土壤侵蚀模数。 L_s 值 越高说明减沙效益越好。

3.1.2 永久性植被覆盖率 指天然次生林、天然灌木林、天然草地、人工乔木林、人工灌木林、人工多年生草地等林灌草面积占被评价区域总面积的比重。

3.1.3 坝系系数 坝系系数(d)是从坝系数量角度评价小流域沟谷有效治理的程度,一般可用已建坝数(D_n)占可建坝数(D_N)的比重来表示。黄土丘陵区淤地坝的可建密度一般认为 3~5 座/ km^2 较合适(陕西省水土保持局,1993),这个值可用于小流域估算可建坝数之用。坝系系数的计算公式为:

$$d = D_n / D_N$$

3.1.4 坝地系数 坝地系数是从建坝淤地面积多少的角度衡量小流域沟谷治理程度的指标。坝地系数(q)的定量含义可表述为已淤坝地面积(Q_n)占可淤坝地面积的比重。在实际计算时,可淤坝地面积又可分为经验可淤坝地面积(Q_N)和理论可淤坝地面积(Q_T)两种类型。经验可淤坝地面积指可建坝数与单坝平均淤地面积(s_a)的乘积,单坝平均淤地面积可通过较大范围地区已建淤地坝的实际数据推算求得。如延安市实际单坝平均淤地面积^[2]是 1.313 hm^2 ,整个陕北地区是 1.553 hm^2 。理论可淤坝地面积指从图上量算而得到的由大沟和小沟组成的面积。坝地系数的计算公式为:

$$q = Q_n / Q_N \quad \text{其中: } Q_N = D_N \cdot s_a \text{ 或 } q = Q_n / Q_T$$

3.2 经济效益评价指标

3.2.1 投入产出比 是衡量生态农业建设效益在经济上是否合理有效的综合指标。指单位投入的产出效果。衡量产出效果最直接、最重要的指标就是投入产出比,比值大说明效果好,反之说明效果欠佳。投入产出比的计算方法很简单,产出的含义也很明了,而对投入所涉及范围的认识往往存在不一致。广义的投入应包括生态农业建设中对农业和农村经济起作用的各种直接和间接因素,但在实际操作中因一些因子难以量化或因因子间的交织关系尚未认识清,人们的注意力只能集中于物化劳动和劳动力,而对科学技术、信息和管理等因素的考虑只能是“心有余而力不足”。由此,我们针对生态农业建设所讨论的物化劳动投入产出的临界值必须是一个大于1的正实数,而不是1。投入产出比常用投入单位面积的物化劳动总量(用货币单位)除上总产值表示。

3.2.2 生态农业建设投资密度 指生态农业建设过程中投入到单位面积上的资金额度,包括在该单位面积内打淤地坝、修梯田、整理川台地、植树、种草等与生态农业建设有关的投资总和。单位为元/ km^2 或元/ hm^2 。

3.2.3 单坝建设平均投资额度 打淤地坝所需投资额度与坝体规模大小及质量高低等有密切关系。大型骨干坝投资多达百万,甚至上千万元,小型或超小型坝仅几千元,甚至几百元。出于区域或流域淤地坝建设投资需求评价的方便,单坝建设平均投资额度不失为一个可行的评价指标。单坝建设平均投资额度是指较大范围地区建坝投资合计总额与所建坝总数的比值。据陕西省水保局资料^[2],陕北黄土丘陵区单坝平均投资额度在 2.2 万~2.7 万元之间(1990 年价)。

3.2.4 基本农田建设投资密度 指修造单位面积基本农田所需要的投资额度,具体又可分为梯田建设投资密度(修建单位面积梯田所需投资额度)、坝地淤造投资密度(淤造单位面积坝地所需投资额度)等。单位为元/ hm^2 。

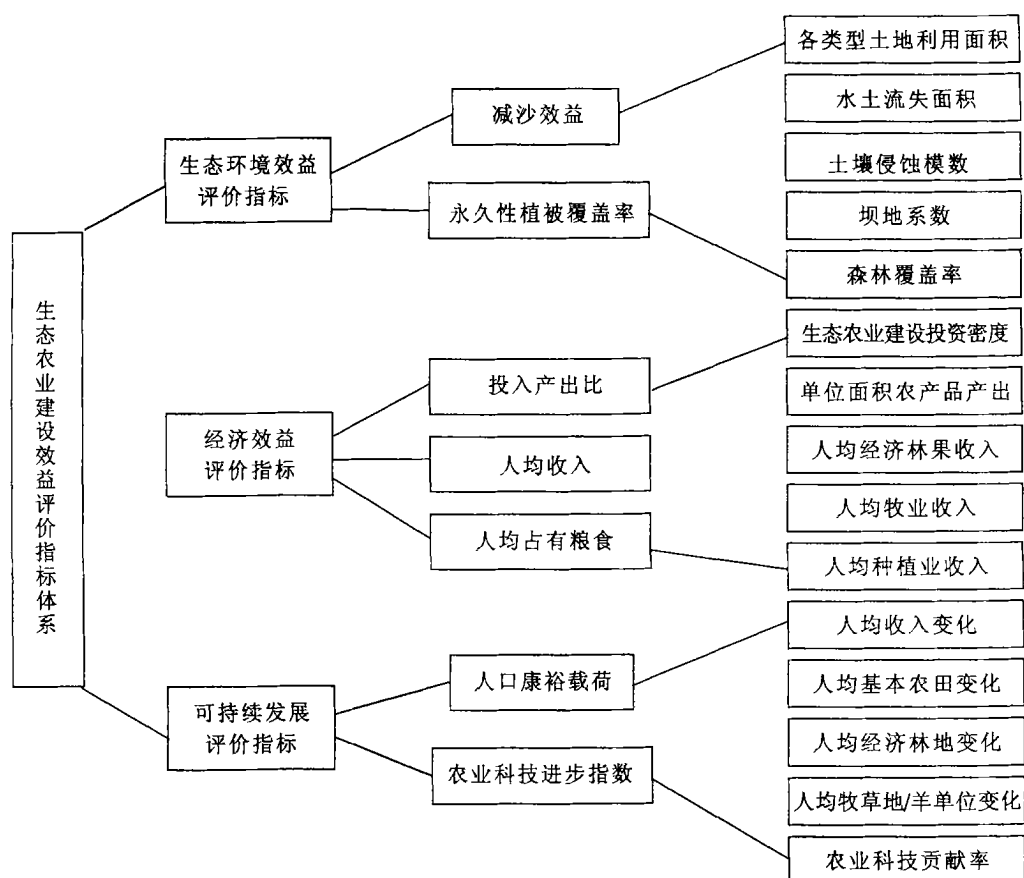


图2 黄士丘陵区生态农业建设效益评价指标体系

3.2.5 林草植被恢复投资密度 指营造单位面积林灌草植被所需要的投资额度,包括造林投资、种草投资以及林草植被管护费用等。可细分为造林投资密度、种草投资密度等。单位为元/km²或元/hm²。

3.2.6 农产品增殖加工率 指一定时期内、一定区域或流域用于增殖加工的农产品量占农产品生产总量的百分比。是衡量农产品加工业发展及农产品增值利用程度的指标。

3.3 可持续发展评价指标

3.3.1 人口康裕载荷 是一个与农民收入密切相关的动态评价指标。指在小康和富裕不同生活水平标准下,一个区域或流域既定生态农业建设模式所能承载的人口规模。

3.3.2 农业科技进步指数 是反映农业科学技术进步的一个综合指标,与农业科技贡献率密切相关。可被定义为农业科技贡献率的增长率。若评价初始年农业科技贡献率为 $ST(t)$, n 年后变化为 $ST(t+n)$,则在这 n 年中,其农业科技进步指数(Ist)的表达式为:

$$Ist(\%) = [ST(t+n) - ST(t)] / ST(t)$$

3.3.3 农业科技贡献率 亦称农业科技作用系数。指一定时期内(称计算期内,可以为一年,也可为几年),某个地区(全国、省区等)或某个农业部门的农业总产值增长量(或农业总收入增量)或农业生产率增量中,有多大比例应归功于农业科学技术的作用。农业科技贡献率的表达式^[3]为:

$$STCr(\%) = \frac{2}{3} \times \delta / a$$

式中: $STCr$ ——农业科技贡献率, δ ——农业科技年平均进

步率(计算期内), a ——农业总产值年平均增长率。通常认为农业科技对农业生产的作用大约是农业科技进步作用的2/3,固在求得 δ 值后,再来以2/3就可以得出农业科技贡献率的估算值。 δ 值一般可根据一定时期内的农业统计数据,通过对农业总生产函数进行回归分析求得。农业总生产函数表达式为:

$$Y_p = A e^{\delta X} a^a Y^b Z^c$$

式中: Y_p ——农业总产出量; A ——待定常数; a 、 b 、 c ——分别是土地 X 、劳动力 Y 、物化劳动投入费用 Z 的产出系数(或称生产弹性), δ 是反映科技进步对 t 年度农业产出量的影响系数。

4 燕沟流域生态农业建设效益评价实例

4.1 生态环境效益评价

从1998年~2000年燕沟沟口泥沙监测结果^[4](表2)与流域所属侵蚀类型区平均输沙模数9 000 t/(km²·a)相对比可知,1998年流域减沙效益为68.27%,1999年为83.23%,2000年达93.54%。沟谷治理方面,理论上燕沟流域可淤地面积高达534.47 hm²,从经验角度分析,可淤地面积大约为246.32 hm²(每1 km²建4座坝,每坝淤地1.313 hm²),由此推算得燕沟理论坝地系数为0.209,经验坝地系数为0.454,表明其沟谷治理已达中等程度。

表 2 1998 年~ 2000 年燕沟沟口泥沙监测结果^[4]

年份	降雨量 /mm	径流量/ (10 ⁴ m ³ ·a ⁻¹)	泥沙总量 /t	输沙模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)
1998	571.1	37.83	133950	2856
1999	494.6	27.00	70782	1509
2000	351.1	22.70	27242	581

从 2000 年定型的土地利用结构^[1]看, 燕沟流域由天然次生林和人工乔灌林构成的森林覆盖率 38.92%, 林草植被覆盖率 52.29%, 若再加上封禁荒沟坡地, 永久性植被覆盖率将达到 78.48%。由梯田、果园、森林和灌丛草地等工程和生物措施控制下的地表土壤侵蚀量也会得到较大幅度的减少。据“七五”期间小流域示范研究成果^[5], 梯田减沙效益 95% 以上, 森林地表层土壤抗冲刷力比坡耕地高 93~850 倍, 减沙效益可达 98%; 草地表土抗冲刷力比坡耕地高 32~83 倍, 减沙效益超过 70%。总体而言, 燕沟坡地的减沙效益在 80% 以上。

4.2 经济效益评价

重点在于分析对比投资与农业和农村经济产出的合理性。评价指标是生态农业建设投资密度、人均占有粮食和人均收入。燕沟流域土地整理和林草植被恢复的投资情况^[6]是: 打坝淤地投资密度为 30 565~38 081 元/hm², 修梯田投资密度 7 500~12 000 元/hm², 果园建设投资密度 6 120 元/hm², 林草植被恢复投资密度 1 387.5 元/hm²。按 1998 年到 2000 年 3 年平均计算, 燕沟流域人均占有粮食已达 589.2 kg, 2000 年人均收入为 1 541 元, 主要来源于苹果业、养羊业和种植业。对燕沟流域由大农业产出构成的经济效益的合理估计应该等大农业所依赖的生态系统恢复到相对稳定之后, 预计这样的时间应该在 2005~2010 年期间, 即粮食生产、果园发展以及养羊等潜力都将变成现实。届时粮食总产可达 4 000 t 以上, 苹果总产量可达到 501×10⁴ kg 以上, 放养畜牧业可实现 7 500 只羊单位的规模, 仅大农业收入即可使燕沟农村居民人均收入至少达到 3 000 元。

另外, 通过对 1949~2000 年人均收入变化进行拟合, 发现其增长过程符合指数函数曲线(图 3), 其方程式为:

$$y = 48.733e^{0.1793x}$$

$(R^2 = 0.9305)$

按此推算, 燕沟流域人均收入 2005 年为 3 012 元, 2010 年达 4 311 元。

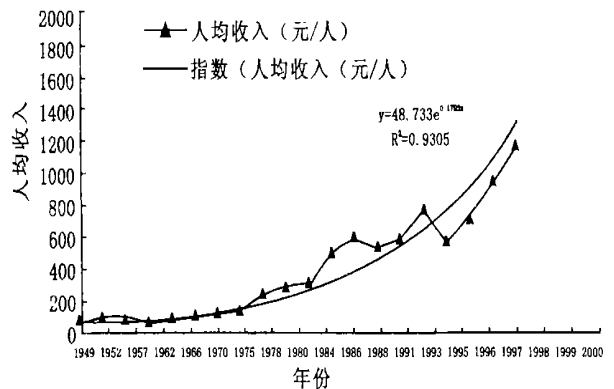


图 3 燕沟流域 1949~ 2000 年人均收入变化拟合曲线

4.3 可持续发展评价

从可持续发展角度分析, 若保持 2000 年土地利用结构不变, 即既定的农业和经济发展模式不对所依赖的生态系统良性循环构成威胁, 需要具体衡量的是随着人口的增长, 燕沟流域居民人均基本农田、人均果园及人均羊单位的变化状况。据对燕沟流域 1957 年~2000 年人口实际增长的拟合, 发现其增长过程符合对数函数曲线(图 4), 其方程式为:

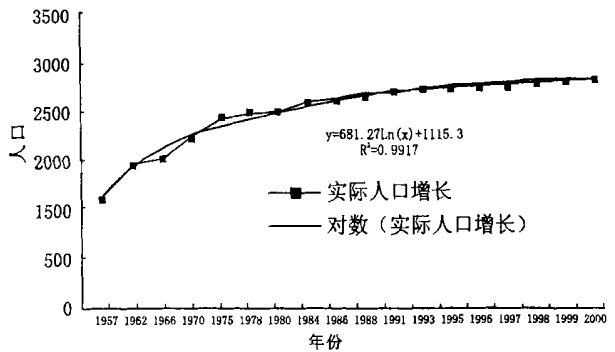


图 4 燕沟流域 1967~ 2000 年人口增长过程拟合曲线

$y = 681.27\ln(x) + 1115.3$

$(R^2 = 0.9917)$

按此方程式推算, 燕沟流域未来各主要年份人口状况如表 3 所示。表 3 中, 基本农田和果园保持 2000 年面积不变, 羊单位保持 2010 年 7 500 只规模不变。由表 3 知, 2040 年燕沟流域人口将达到 3 882 人, 较 2000 年增长 26.6%, 相应的人均基本农田面积较 2000 年下降 21.1%, 人均果园面积下降 21.3%, 人均羊单位相对于 2010 年下降 13.1%。由此可知, 即使不考虑人口城镇化以及非农产业发展等引起人口的流动和转移, 燕沟流域也能维持人口峰值时农村居民生活达到较高的水平。

表 3 燕沟流域人口、人均基本农田、人均果园、人均羊单位随时间变化情况

指标	2000	2010	2020	2030	2040
人口/人	3066	3385	3593	3753	3882
人均基本农田/(hm ² ·人 ⁻¹)	0.194	0.175	0.165	0.158	0.153
人均果园/(hm ² ·人 ⁻¹)	0.108	0.099	0.092	0.088	0.085
人均羊单位/(只·人 ⁻¹)	-	2.22	2.09	2.00	1.93

5 问题讨论

黄土丘陵区的生态农业建设是一项集生态环境整治、生态型农业和农村经济发展于一体的综合性极强的课题, 许多深层次的理论和方法论问题需要通过加大跨学科合作研究的力度才能得到有效解决。因此, 基于目前黄土丘陵区生态农业建设研究进展和实践状况所构建的效益评价指标体系必然存在许多不足之处和有待进一步讨论的问题。

5.1 衡量标准问题

生态农业建设的衡量标准是开展生态农业建设效益评价的行动纲领, 它不仅可以规定评价工作的范围和内容, 同时也能给出评价的目标和方向。因此, 构建评价指标体系首先必须明确生态农业建设的衡量标准。本文虽无专门讨论衡

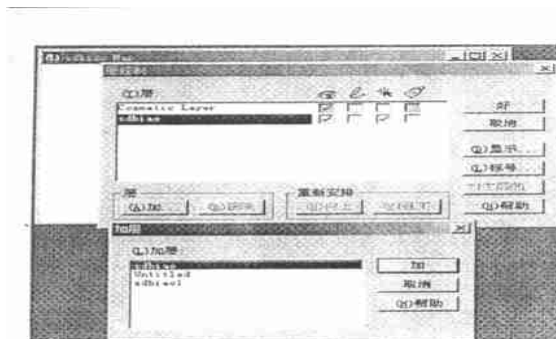


图2 表创建图



图3 商店图层



图4 商店、酒店、公园三个图层叠加图

参考文献:

- [1] Richard Mansfield [美] VISUAL BASIC 编程指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [2] 张剑平, 任福继, 等. 地理信息系统与MAPINFO 应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 曹瑜, 胡光道. 地理信息系统在国内外应用现状[M]. 地理信息系统论坛, 1999.
- [4] 陈俊, 宫鹏. 实用地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [5] Coppock J T, Rhind D W. The history of GIS, geographic information system [M]. London: Longman Inc, 1991.
- [6] Maguire D J. An overview and definition of GIS, geographic information system [M]. London: Longman Inc, 1991.

(上接第 143 页)

量标准的部分,但在行文中已涉及到了其核心内容:一是控制水土流失和整治生态环境是农业发展的前提;二是“寓经济发展于水土流失控制和生态环境整治之中”;三是生态农业建设必须具备环境和经济双重可持续发展特征。该衡量标准的不足之处是未包含社会效益和资源适度利用等方面的内容。

5.2 指标体系组织结构问题

基于衡量标准而构建的评价指标体系也是按生态环境

效益、经济效益和可持续发展三个大类进行组织的,尚缺少社会效益和资源利用效益等方面的评价指标,且综合评价层指标与基础评价层指标之间尚缺少对应规则加以联系,这些问题仍需进一步深入研究。

5.3 指标体系应用问题

本文推荐的评价指标体系虽具有一定普遍性,但从燕沟流域应用案例看,更多侧重于黄土丘陵区中部的农林牧模式,在应用于南部的农林模式和北部的农牧模式时,需要针对具体地域对入选指标进行适当取舍、补充和调整。

参考文献:

- [1] 徐勇, Roy C Sidle. 黄土丘陵燕沟流域土地利用变化与优化调控[J]. 地理学报, 2001, 56(6).
- [2] 陕西省水土保持局. 陕北地区淤地坝普查技术总体报告[M]. 1993.
- [3] 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.
- [4] 琚彤军, 刘普灵, 郑世清, 等. 燕儿沟流域泥沙监测初报[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2): 176-178.
- [5] 侯喜禄, 曹清玉. 陕北黄土丘陵沟壑区植被减沙效益研究[A]. 载黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究[M]. 西安: 天则出版社, 1990, 137-144.
- [6] 徐勇. 水土保持型农村产业开发投资问题探讨——以黄土高原中部丘陵区为例[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 143-146.