

渭北旱塬农林复合系统环境评价指标体系研究与应用

王丽梅^{1,2}, 邵明安^{2,3}, 郑纪勇^{2*}, 王忠林¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 2. 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 评价农林复合系统及其农业生产管理对当地环境产生的影响, 指标体系的确定是前提和关键。该文以陕西渭北旱塬农林复合系统为例, 在广泛研究的基础上, 构建了农林复合系统环境评价指标体系, 该指标体系由环境污染状况指标、农副产品污染状况指标、社会经济效益指标、生态环境质量指标4部分构成, 并运用该指标体系, 采用多级模糊综合评判模型和改进的标准赋权与层次分析相结合的权重确定方法对当地农林复合系统的环境质量进行了评价, 结果与实际情况吻合。

关键词: 农林复合系统; 环境质量评价; 指标体系

中图分类号: S27; S181; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)03-0034-04

王丽梅, 邵明安, 郑纪勇, 等. 渭北旱塬农林复合系统环境评价指标体系研究与应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 34-37.
Wang Limei, Shao Ming'an, Zheng Jiyong, et al. Environmental assessment indicator system of agroforestry systems and its application in Weibei Upland of the Loess Plateau[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 34-37. (in Chinese with English abstract)

0 引言

农林复合系统代表了一种土地利用的概念, 特别适用于边远地区或低投入系统^[1], 是为了改善当地生态环境, 优化树木等组分与农作物之间有益的相互作用, 而建立起的一种农产品总量、多样性和系统的持久性优于相同社会、生态、经济条件下其他系统的生产模式。我国是推行农林系统较早的国家之一, 也是世界上农林间作面积最大的国家^[2], 随着“人口剧增、粮食短缺、资源危机、环境恶化”等全球性问题的日益严峻, 农林复合系统不仅受到众多发展中国家和地区的普遍关注和高度重视^[3], 而且一些发达国家, 如美国、英国、澳大利亚等也都非常重视农林复合系统的研究^[4-6]。许多学者对农林复合系统的水土保持功能以及小气候效应等进行了较为广泛、系统的研究^[7,8], 但农林复合系统的营造对当地环境影响状况的研究目前尚不多见, 要研究农林复合系统对当地环境的影响, 就必须对其进行环境评价, 而建立一套科学、实用、合理的指标体系是评价的前提和关键。本文就农林复合系统环境评价指标体系的建立做了初步研究与尝试。

1 农林复合系统环境评价指标体系的构建

指标体系的构建必须依据科学性、实用性、可操作性、系统全面性和重点性、因地因时制宜性等原则, 同时还要考虑到农林复合系统特有的生态、经济和社会环境

特点。农林复合系统营造的最主要目的是适应、改善当地恶劣的生态环境状况, 并力求最大的经济、社会效益, 因此我们将其对生态环境的影响作为评价其环境质量的一个重要方面; 其次, 农林复合系统的社会效益也是构建指标体系所要考虑的一个重要因素; 另外, 还要考虑到由于化肥、农药的施用等人为管理措施对土壤、径流水体以及农副产品造成的污染。在人为管理措施中, 化肥的大量施用造成硝酸盐累积, 农药施用的后果则是农药残留, 经实地调查和多次检测发现, 降解缓慢的有机氯类农药虽已于1983年禁用但仍有残余, 目前普遍施用的易降解有机磷类农药中, 残留较严重的是降解期相对稍长的对硫磷, 其余有机磷农药均未发现残留或者残留量甚微, 远小于国家标准规定的农药残留限量。根据以上基本原则和实地调查监测结果, 构建了农林复合系统环境评价指标体系, 该指标体系从结构上分为4个层次: 目标层、准则层、约束层和指标层, 由环境污染状况指标、农副产品污染状况指标、社会经济效益指标、生态环境质量指标4部分共33项指标构成。指标体系见表2中评价指标体系部分。

2 评价方法

2.1 指标权重的确定

采用混合赋权法确定指标的权重, 这种混合赋权法具有规范性和灵活性的特点。即在表2所示各评价指标中, 对土壤、径流水体、农副产品污染状况、社会效益、空气动力效能、热力水文效能、减灾效能、水土保持效能进行一级评价时, 指标权重的确定采用改进的标准赋权法, 而对环境污染状况和生态环境质量进行二级评价以及最后对农林复合系统总体环境质量进行三级评价时, 则运用层次分析法来确定其指标权重。

改进的标准赋权法是从环境指标间危害性的差异出发来确定其权重, 不受实测值的干扰, 能更好地反映环境指标的真实权重, 如式(1)

收稿日期: 2004-08-30 修订日期: 2005-01-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000018605); 国家自然科学基金重点项目(30230290)

作者简介: 王丽梅(1972-), 主要从事生态学和环境影响评价研究。陕西杨凌 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 712100。Email: sdwanlimei@163.com

通讯作者: 郑纪勇, 陕西杨凌 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 712100

$$A_i = \frac{\frac{m-1}{\sum_{j=1}^{m-1} \hat{u}S_{ij+1} - S_{ij}\hat{u}}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{m-1}{\sum_{j=1}^{m-1} \hat{u}S_{ij+1} - S_{ij}\hat{u}} \right)} \quad (1)$$

(i = 1, 2, ..., n) (j = 1, 2, ..., m - 1)

式中 A_i ——第*i*个指标的权重; S_{ij} ——第*i*个指标的第*j*级环境质量标准值; *i*——指标数; *j*——级别数。

层次分析法是基于专家评分法基础上的,通过对各评价指标进行两两比较,判断每个指标的相对重要性,同时给予定量,并进行一致性检验,从而确定指标的权重。其具体步骤见参考文献[9]。

2.2 评价模型

采用多级模糊综合评判模型,该模型克服了传统评价方法中以某一简单数字指标作为环境质量分级的界线,造成环境质量相差很小的两个评价单元的环境质量可能被分为截然不同的两个等级的弊端,而用隶属度来刻画环境质量的等级界线,更符合环境实际。其具体评

价过程见文献[9]和[10]。

3 环境质量评价分级标准

各环境要素的质量标准,我国有规范规定的,则依据现有质量标准,如地面水环境质量标准、土壤环境质量标准等,没有规范规定的,则参考相关质量标准如世界卫生组织(WHO)及联合国粮农组织(FAO)规定的标准以及专家意见而定。根据各环境要素的检测值和以及环境质量标准,运用模糊综合评判法得一级、二级评价因子的模糊综合评价结果,并运用最大隶属度原则确定各要素的环境质量级别(具体步骤参见文献[9]和[10])。在一级、二级评价结果的基础上进行三级评价,根据三级评价结果确定农林复合系统总体环境质量的级别,共分5级: I级,环境质量很好,环境污染轻,社会经济和生态环境效益好; II级,环境质量较好,环境污染较轻,社会经济及生态环境效益良好; III级,环境质量一般; IV级,环境质量较差; V级,环境质量差。各评价因子的环境质量分级标准见表1。

表1 渭北旱塬农林复合系统环境质量分级标准

Table 1 Criteria for assessment of agroforestry systems in Weibei Upland of the Loess Plateau

评价因子	指标	I级	II级	III级	IV级	V级	执行标准
土壤	六六六/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.05	0.25	0.50	0.75	1.0	GB15618- 1995
	滴滴涕/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.05	0.25	0.50	0.75	1.0	GB15618- 1995
径流 水体	化学需氧量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	15 以下	15 以下	15	20	25	GB3838- 88
	硝酸盐(以氮计)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	10 以下	10	20	20	25	GB3838- 88
	亚硝酸盐(以氮计)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.06	0.1	0.15	1.0	1.0	GB3838- 88
	六六六/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	GB3838- 88
农副 产品	滴滴涕/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	GB3838- 88
	硝酸盐/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	432	500	600	700	785	WHO/FAO 规定的 ADI
	亚硝酸盐/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	1.0	2.0	4.0	7.0	9.6	GB15198- 84
	六六六/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.05	0.1	0.2	0.35	0.48	GB2763- 81
	滴滴涕/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.02	0.05	0.1	0.15	0.24	GB2763- 81
社会 经济 效益	对硫磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0	0.05	0.1	0.15	0.20	GB5127- 85
	系统商品率/%	100	80	60	40	0	
	产出投入比	4	3.5	3.0	2.5	2.0	
	劳动力利用率/%	100	80	60	40	20	政府发展规划
	粮食自给程度	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	及专家意见
空气动 力效能	薪柴自给程度	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	
	木材自给程度	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	
	总体防风效能提高率/%	35	30	25	20	10	
	削弱湍流交换/%	45	40	35	30	20	专家意见
热力 水文 效能	空气阻抗系数增加率/%	115	108	100	90	80	
	春季增温/ $^{\circ}\text{C}$	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	
	夏季降温/ $^{\circ}\text{C}$	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	
	空气相对湿度增加率/%	10	8	6	4	2	专家意见
减灾 效能	水面蒸发降低率/%	28	25	22	18	15	
	土壤含水率(0~60 cm)增加率/%	4.0	3.0	2.0	1.0	0	
	农田总辐射提高率/%	15	12	9	6	2	
	> 12 m/s 大风减少率/%	100	90	80	70	60	
水土保 持效能	干热风减少率/%	100	90	80	70	60	专家意见
	冰雹灾减少率/%	100	90	80	70	60	
	伏旱灾减少率/%	100	90	80	70	60	
水土保 持效能	土壤抗蚀指数提高率/%	40	36	32	28	24	专家意见
	土壤抗冲性提高率/%	58	54	50	46	42	

4 应用举例

区内以花椒-玉米间作为主的复合系统为研究对象进行评价。

4.1 研究区概况

本文以西北农林科技大学黄土高原综合治理试验

研究区占地 20 hm², 位于陕西省咸阳市淳化县, 地处东经 108°18'~108°50', 北纬 34°43'~35°03', 属黄土高原渭北旱塬沟壑区, 海拔 900~1800 m, 年降雨量 550~600 mm, 试区经济以农业为主, 工商业及乡镇企业不发达, 是水土流失重点县之一。

4.2 数据获取

环境污染状况指标和农副产品污染状况指标数据,

由作者 2001~2002 年多次实地采样的室内检测数据取平均得到, 社会经济效益数据通过实地调查获得, 生态环境质量各指标的数据借鉴试区长期定位研究积累资料。

4.3 结果与分析

运用上述评价指标体系和评价方法进行评价, 结果见表 2。

表 2 渭北旱塬农林复合系统环境质量多级模糊综合评价结果

Table 2 Multilevel fuzzy synthetic evaluation of environmental quality of the agroforestry systems in Weibei Upland of the Loess Plateau

准则层	评价指标体系		检测值	一级评价		二级评价		三级评价			
	约束层	指标层		权重	结果及级别	权重	结果及级别	权重	结果及级别		
环境污染状况	土壤环境污染状况	六六六/ $10^{-3} \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	9.01	0.500	I 级	0.889					
		滴滴涕/ $10^{-3} \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	12.13	0.500							
	径流水体环境污染状况	化学需氧量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2.340	0.011	I 级	0.111				I 级	0.139
		硝酸盐(以氮计)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.640	0.008							
		亚硝酸盐(以氮计)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.005	0.120							
		六六六/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0.287							
		滴滴涕/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0.574							
农副产品污染状况		硝酸盐/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	477.350	0.002	I 级				0.172		
		亚硝酸盐/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.028	0.010							
		六六六/ $10^{-3} \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	5.025	0.190							
		滴滴涕/ $10^{-3} \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.850	0.380							
		对硫磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0	0.418							
社会经济效益		系统商品率/%	65.00	0.154	III 级				0.271		
		产出投入比	2.85	0.077							
		劳动力利用率/%	52.00	0.192							
		粮食自给程度	0.90	0.192							
		薪柴自给程度	1.00	0.192							
		木材自给程度	0.60	0.192							
生态环境质量	空气动力效能	总体防风效能提高率/%	25.78	0.372	II 级	0.593					
		湍流交换削弱率/%	37.71	0.372							
		空气阻抗系数增加率/%	107.94	0.256							
	热力水文效能	春季增温/ $^{\circ}\text{C}$	0.78	0.043	III 级	0.074					
		夏季降温/ $^{\circ}\text{C}$	0.68	0.043							
		空气相对湿度增加率/%	6.49	0.216							
		水面蒸发降低率/%	26.19	0.133							
		土壤含水率增加率/%	1.97	0.432						II 级	0.418
		农田总辐射提高率/%	8.87	0.133							
		减灾效能	> 12 m/s 大风减少率/%	100.00						0.250	I 级
干热风减少率/%	100.00		0.250								
冰雹灾减少率/%	85.00		0.250								
伏旱灾减少率/%	83.00		0.250								
水土保持效能	土壤抗蚀指数提高率/%	57.48	0.500	II 级	0.259						
	土壤抗冲性提高率/%	35.49	0.500								

注: 在六六六、滴滴涕、对硫磷的检测中, 仪器检出限为 $0.001 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 在粮食、薪柴、木材自给程度中, 完全自给为 1.0; 对农副产品中多点采样并取其可食部分检测污染物含量。表中检测值为多次测定数据的平均值。

通过评价, 该农林复合系统环境污染状况为 I 级 (多级模糊综合评价结果为 $\{1, 0, 0, 0, 0\}$), 其中土壤和径流水体环境污染状况均为 I 级 (模糊评价结果均为 $\{1, 0, 0, 0, 0\}$); 农副产品污染状况为 I 级 ($\{1, 0, 0, 0, 0\}$); 社会经济效益为 III 级 ($\{0.29, 0.13, 0.48, 0.1, 0\}$); 生态环境质量为 II 级 ($\{0.155, 0.456, 0.383, 0.004, 0.001\}$), 其中, 空气动力效能 II 级 ($\{0, 0.51, 0.49, 0, 0\}$), 热力水文效能 III 级 ($\{0.05, 0.13, 0.74, 0.06,$

$0.01\}$), 减灾效能 I 级 ($\{0.5, 0.2, 0.3, 0, 0\}$), 水土保持效能 II 级 ($\{0.44, 0.50, 0.06, 0, 0\}$)。然后在一级、二级评价的基础上进行三级评价, 即对农林复合系统总体环境质量状况进行评价。

将上述构成总体环境质量的各准则层指标 (环境污染状况、农副产品污染状况、社会经济效益、生态环境质量) 均视为一个因子, 将它们的评价结果 $\{1, 0, 0, 0, 0\}$ 、 $\{1, 0, 0, 0, 0\}$ 、 $\{0.29, 0.13, 0.48, 0.1, 0\}$ 、 $\{0.155,$

0.456, 0.383, 0.004, 0.001}综合在一起,构成综合评价模糊关系矩阵

$$R = \begin{bmatrix} B_{\text{环境污染状况}} \\ B_{\text{农副产品污染状况}} \\ B_{\text{社会经济效益}} \\ B_{\text{生态环境质量}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.29 & 0.13 & 0.48 & 0.1 & 0 \\ 0.155 & 0.456 & 0.383 & 0.004 & 0.001 \end{bmatrix}$$

运用层次分析法确定各要素的权重为 $A = \{0.139, 0.172, 0.271, 0.418\}$,在此基础上,根据模糊综合评价模型,对农林复合系统的总体环境质量进行模糊评价

$$B = A \circ R = \{0.139, 0.172, 0.271, 0.418\} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.29 & 0.13 & 0.48 & 0.1 & 0 \\ 0.155 & 0.456 & 0.383 & 0.004 & 0.001 \end{bmatrix} = \{0.454, 0.226, 0.29, 0.029, 0.0004\}$$

归一化得 $B = \{0.45, 0.23, 0.29, 0.03, 0\}$

根据最大隶属度原则,总体环境质量属于I级。

以上评价结果说明该农林复合系统对土壤、径流水体和农副产品污染均很轻,未对当地环境造成太大的污染;并且能较好的改善当地恶劣的生态环境(生态环境质量II级),有效减少土壤侵蚀,防止水土流失;虽然社会效益一般(III级),但综合来看,总体环境质量很好,值得大力推广。这与实际情况基本吻合,实践证明该评价指标体系及其评价方法是可行的。

5 结 语

研究表明,农林复合系统环境评价指标体系选用的指标比较客观,分级科学,方法简便,所得结果与当

地实际情况一致,能全面反映当地环境状况,具有较强的实用性和可操作性。该指标体系不仅适用于黄土高原地区,作为该领域的一次尝试,还可以为其他地区进行相关研究提供参考。

该指标体系是针对当地基本不存在污灌污染问题、土壤重金属含量极微的实际情况制定的。环境指标体系的研究是一项综合性、系统性很强的工作,又具有明显的区域特征,还有许多问题有待于进一步探索研究。

[参 考 文 献]

- [1] 黄文丁,王汉杰. 林农复合经营技术[M]. 北京:中国林业出版社,1992:1-25.
- [2] 李文华,赖世登. 中国农林复合经营[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [3] 张劲松,孟平. 农林复合系统水分生态特征的模拟研究[J]. 生态学报,2004,24(6):1172-1177.
- [4] Buck L E. Agroforestry policy issues and research directions in the US and less developed countries: insight s and challenges from recent experience[J]. Agroforestry Systems,1995,30(1/2):57-73.
- [5] Zinkhan F C, Mercer D E. An assessment of agroforestry systems in the southern USA[J]. Agroforestry Systems,1997,35:303-321.
- [6] Garrett H E G. Agroforestry practice and policy in the United states of America [J]. Forestry Ecology and Management,1997,91(1):5-15.
- [7] 王佑民,王忠林. 黄土高原沟壑区混农林的结构及其防护效益研究[J]. 水土保持学报,1992,6(4):54-59.
- [8] 王忠林,李会科,贺秀贤. 渭北旱塬花椒地埂林土壤抗蚀抗冲性研究[J]. 水土保持研究,2000,7(1):33-37.
- [9] 丁桑岚. 环境评价概论[M]. 北京:化学工业出版社,2003:24-53.
- [10] 胡永宏,贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京:科学出版社,2000.

Environmental assessment indicator system of agroforestry systems and its application in Weibei Upland of the Loess Plateau

Wang Limei^{1,2}, Shao Ming'an^{2,3}, Zheng Jiyong^{2*}, Wang Zhonglin¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, China; 3. Institute of Geographical Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: In assessing the influence of agroforestry system and its agricultural production management on local environment, the establishment of assessment indicator system is the basic and key problem. Taking the agroforestry systems in Weibei Upland, Shaaxi province, as a case, based on the sufficient study, the environmental assessment indicator system was established in this paper, which consists of four sections: the environmental contamination indicators, the agricultural products contamination indicators, social economical indicators and eco-environmental quality indicators. At the same time, using this assessment indicator system, the environmental quality of agroforestry systems was assessed by applying multilevel fuzzy synthetic evaluation model, analytical hierarchy process and improved standard weight deciding method, the assessment result is consistent with the reality.

Key words: agroforestry systems, environmental quality assessment, indicator system <http://www.cnki.net>