

# 内蒙古伊金霍洛旗风沙区退耕还林还草生态效益评价

刘军利, 秦富仓, 岳永杰, 王晨晨, 盛 艳

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010018)

**摘 要:**以生态可持续发展原理为基础,采用层次分析法,建立了伊金霍洛旗风沙区退耕还林还草综合生态效益评价指标体系和数学模型,指标体系包括 3 个层次 10 项指标;采用 AHP 法和德尔菲法确定了各指标权重。对研究区 3 种典型的退耕模式进行综合生态效益评价,并与未退耕荒地进行对比研究。评价结果表明:3 种退耕还林模式的综合生态效益指数均达到未退耕荒地的 4 倍以上,退耕还林工程生物效益、水土效益、改善小气候效益、防风固沙效益显著;各退耕模式其综合效益指数排列顺序为沙柳+沙打旺模式>柠条+沙打旺模式>杨树+沙打旺模式>未退耕荒地,沙柳+沙打旺模式综合生态效益数值最高,在适宜的立地条件下,可以在伊金霍洛风沙区或其它风沙区生态建设中推广应用。

**关键词:**退耕还林还草;生态效益;评价指标;风沙区

**中图分类号:**X826

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)05-0104-04

## Evaluation of Ecological Benefits on Reforestation in Yijinhuluo Sandstorm Area of Inner Mongolia

LIU Jun-li, QIN Fu-cang, YUE Yong-jie, WANG Chen-chen, SHENG Yan

(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

**Abstract:**Based on the principles of ecologically sustainable development, both comprehensive ecological benefit evaluation index system and mathematical models were built by using analytic hierarchy process (AHP) on reforestation in Yijinhuluo Sandstorm Area of Inner Mongolia, which include 3 levels and 10 indicators. AHP and Delphi method were used to determine the weight of each index. Comprehensive evaluation of ecological benefits was done for three kinds of typical farmland models in the study area, and comparative study was also carried on for the study area. The results were as follows: (1) the comprehensive eco-efficiency index did not reach four times in three kinds of typical farmland model than in farmland wasteland, the increase was significant for biological effectiveness, land and water efficiency, improving the microclimate benefits and windbreak and sand-effective in the project of returning farmland to forestland and grassland; (2) the order for farmland modes of their overall efficiency index was *salix*+*Astragalus adsurgens*>*Caragana korshinskii*+*Astragalus adsurgens*>*Populus*+*Astragalus adsurgens*>cultivated land; (3) the ecological benefit of *Salix*+*Astragalus adsurgens* was the highest in returning farmland to forestland and grassland model. In the appropriate site conditions, the model can be promoted in Yijinhuluo sand areas or other sandy area in terms of ecological construction.

**Key words:**returning farmland to forestland and grassland; ecological benefit; evaluation index; sandstorm

退耕还林还草工程是国家六大林业生态工程之一,是我国乃至世界生态建设史上的奇迹。其实质是将现在不适宜做耕地的土地资源转换为林草地的过程<sup>[1]</sup>。由于退耕还林还草工程的实施涉及到农民的切身利益,关系到社会的稳定发展,影响着我国的社

会和谐。因此,其工程效益如何备受社会各界关注<sup>[2]</sup>。退耕还林工程生态效益优先的原则改善了退耕还林地区脆弱的生态环境,但是,不同的树种组合和退耕模式会导致生态综合效益差别较大<sup>[3-4]</sup>,科学的因地制宜的退耕模式会提高退耕区林草覆盖、加快

收稿日期:2013-05-28

修回日期:2013-07-18

资助项目:国家林业局 948 项目“生物缓冲带荒漠化防治技术体系引进”(2010-4-17)

作者简介:刘军利(1988—),男(回族),内蒙古乌海人,硕士研究生,主要从事土地资源管理和水土保持方面的研究。E-mail:895163104@126.com

通信作者:秦富仓(1966—),男,内蒙古呼和浩特人,教授,博士,主要从事土地资源管理和水土保持方面的研究。E-mail:qinf@126.com

植被恢复、实现生态效益的最大化。相反,不合理的退耕配置会导致人工林草系统的稳定性不足,延缓植被的恢复。本文针对伊金霍洛旗风沙区退耕还林还草工程,选取造林面积最大、最具代表性的杨树+沙打旺退耕还林还草模式、柠条+沙打旺退耕还林还草模式、沙柳+沙打旺退耕还林还草模式3种林草模式,通过3种模式与未退耕荒地进行综合生态效益对比,定量评价各退耕模式生态综合效益的大小,评价结果可以为风沙区退耕还林成果巩固和生态可持续恢复与发展提供理论依据。

## 1 试验地概况

伊金霍洛旗地处内蒙古鄂尔多斯高原的东南部,属干旱草原向荒漠草原过渡的半干旱、干旱地带,年平均气温 $6.2^{\circ}\text{C}$ ,地理坐标东经 $108^{\circ}58'—110^{\circ}25'$ ,北纬 $38^{\circ}56'—39^{\circ}49'$ 。全旗地形地貌基本呈西高东低,由西向东倾斜,海拔 $1\,070—1\,556\text{ m}$ 。东部属晋陕黄土高原的北缘水蚀沟壑地貌,中部为坡梁起伏的鄂尔多斯高原,西部是风沙地貌比较发育的毛乌素沙地。河流大都属季节性河流。乌兰木伦河和窟野河是全旗主要的两大外流河,全部属于黄河水系。

试验地位于伊金霍洛旗西北部苏布尔嘎镇,地貌属于梁滩覆沙相间分布型,属于温带大陆性气候,大陆度 $69\%$ 。多年平均降水量 $320\text{ mm}$ 左右,降雨多集中在 $6—9$ 月;全年风沙较大,蒸发旺盛,年均蒸发量 $2\,600\text{ mm}$ 。无霜期 $127—180\text{ d}$ 。全年日照时数为 $2\,740—3\,100\text{ h}$ 。试验区土壤类型大多为草甸土和沙壤土,土层较厚。试验区从2002年实施退耕还林工程以来,累计完成工程任务 $6\,432.3\text{ hm}^2$ ,退耕树种主要以沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、柠条(*Caragana Korshinskii* Kom)、杨树(*Populus*)、沙柳(*Salix cheilophila* Schneid)等耐干旱草树种为主。

## 2 调查方法及数据来源

根据不同退耕还林模式,在苏布尔嘎镇选择具有代表性的地段设置4类监测小区:杨树+沙打旺退耕还林区、柠条+沙打旺退耕还林区、沙柳+沙打旺退耕还林区、对照区(未退耕荒地)。对以上所设4类监测区进行以下效益动态监测和调查。(1)植被调查:组成种类、株高、密度、频度、盖度等生物多样性指标。(2)土壤生态环境调查:挖取剖面用环刀分层取样,在实验室分析相关理化性状。(3)防风固沙效益调查:设置集沙槽,通过一定时间内的集沙量计算风蚀模数;在样地内量测土壤结皮的面积,估算出不同退耕还林模式土壤结皮率。(4)气象数据:采用移动自

动气象站,测定降水、温度、湿度、太阳辐射、风速、风向等气候因子。

## 3 生态效益评价

层次分析法(Analytic Hierarchy Process 简称AHP)是美国运筹学家 T. L. Saaty 于20世纪70年代初提出的。这种方法通常将一个复杂的多目标问题看做一个系统,通过对目标进行逐级分解,最后分解成能够量化的若干个指标,通过对定性指标模糊量化方法算出层次单排序和总排序,以作为多方案优化决策的系统方法<sup>[5-6]</sup>。这种方法能够系统、清晰地分解目标;简单明确地计算指标;科学合理地做出方案选择。

### 3.1 指标选取的原则

为了全面、客观地评价伊金霍洛旗风沙区退耕还林还草工程的综合生态效益,通过综合有关研究<sup>[7-9]</sup>,结合研究区实际情况,制定构建研究区生态效益指标体系选取时需要遵循的有关原则。

(1)主导性原则。退耕还林还草生态综合效益受自然、社会、经济等影响因素的制约,在所有的因素中,各因素制约的作用和方式不同,对评价结果的影响较大,因此在选择指标时,应该选择有代表性的,能够准确反映研究区特点的指标。

(2)综合性原则。退耕还林工程生态效益包括众多方面,要统筹兼顾各个方面的效益,因此建立指标体系时,必须综合全面地反映各个指标对生态效益的影响与作用。

(3)可操作性原则。指标数据获取的可行性和科学性影响评价的结果,如果指标范围过大,操作较难,评价结果就不科学。因此,选取指标时,应该明确内容,充分考虑指标量化的可行性和数据获取的难易度。

(4)规范可比原则。退耕还林工程涉及到社会各个层次和各个领域,指标的选取应该规范科学,避免随意性,同时,选取的指标应该具有统一的量纲,保障指标能够可比。

### 3.2 评价指标体系的建立

根据层次分析的基本原理,遵循指标选取的原则,本文建立了三个层次的指标体系(图1)。最上层为目标层,即研究区的生态综合效益 $A$ ;第二层为状态层,包括生物效益 $B_1$ ,水土效益 $B_2$ ,小气候效益 $B_3$ ,防风固沙效益 $B_4$ 。第三层为指标层 $C_i(i=1,2,3\cdots,n)$ ,共10个指标。需要特别说明的指标如下:

(1)生物多样性 $C_1$ :本文采用 Shannon-Wiener 生物多样性指数。

$$H=-\sum_{i=1}^SP_i\ln P_i \tag{1}$$

式中： $H$ ——多样性指数； $S$ ——种数； $P_i$ ——第  $i$  种的相对重要值， $P_i=(\text{相对密度}+\text{相对盖度}+\text{相对频度}+\text{相对高度})/4$ 。

(2) 土壤结皮率  $C_{10}$ ：土壤结皮率=土壤平均结皮面积/总面积 $\times 100\%$ 。

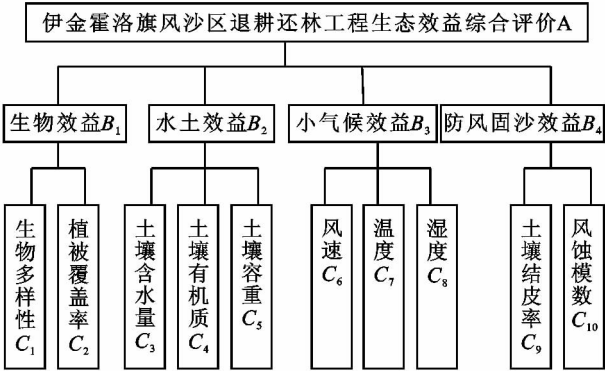


图 1 伊金霍洛旗风沙区退耕还林还草工程生态效益综合评价指标体系

3.3 指标权重的确定

用层次分析法进行评价时,指标权重的确定是核心,它直接影响评价的结果。指标权重反映的是指标的相对重要性。在不同层次间,指标权重反映的是指标对于评价目标变化贡献率的大小;在同一层次间,指标权重表示指标在该层次中所处的地位。指标权重确定的方法较多,有 AHP 法、特尔菲法、最大熵—最大方差法、多元统计分析法等<sup>[10-12]</sup>。本研究采用 AHP 法和特尔菲法。通过构造两两判断比较矩阵,经过一致性检验,计算各指标的 AHP 法权重值;通过组织生态、林学、水土保持学和治沙方面的专家 20 名,计算各指标的特尔菲法权重值。然后取两个方法计算出来权重值的平均值(表 1)。

3.4 指标的无量纲化处理

评价指标体系内各指标的量纲不同,数值差异较大,导致指标间无法在量上进行直接比较。因此需要对指标进行无量纲化处理,本文根据生态观测的常规

方法,采用未退耕荒地(对照样地)作为参照对各指标进行无量纲化计算,从而便于对综合评价指标指数的计算和对各退耕还林模式的比较,同时能够直接进行指标体系横纵向的对比。具体计算公式如下。

(1) 指标数值越大生态效益越好的指标:

$$X_{\text{无量纲化}}=X_{\text{实测}}/X_{\text{对照}} \tag{2}$$

(2) 指标数值越小生态效益越好的指标:

$$X_{\text{无量纲化}}=(X_{\text{实测}}/X_{\text{对照}})^{-1} \tag{3}$$

式中： $X_{\text{实测}}$ ——各退耕模式各指标的实际调查和计算值； $X_{\text{对照}}$ ——未退耕荒地各指标的实际调查和计算值。

3.5 综合生态效益评价数学模型

$$N=\sum_{i=1}^{10}W_iR_i \tag{4}$$

式中： $N$ ——生态综合效益指数； $W_i$ ——第  $i$  个指标的权重； $R_i$ ——各退耕还林还草模式  $i$  项指标的无量纲化数据矩阵。

表 1 各评价指标的权重值

序号	评价指标	代号	AHP	特尔非	平均权
			法权重	法权重	重( $W_i$ )
1	生物多样性指数	$C_1$	0.1336	0.1136	0.1236
2	植被覆盖率	$C_2$	0.1248	0.1350	0.1299
3	土壤含水量	$C_3$	0.0680	0.0796	0.0738
4	土壤有机质含量	$C_4$	0.1186	0.1052	0.1119
5	土壤容重	$C_5$	0.0620	0.0604	0.0612
6	温度	$C_6$	0.0450	0.0370	0.0410
7	湿度	$C_7$	0.0460	0.0500	0.0480
8	风速	$C_8$	0.0860	0.0938	0.0899
9	土壤结皮率	$C_9$	0.0950	0.0826	0.0888
10	风蚀模数	$C_{10}$	0.2210	0.2428	0.2319

3.6 综合生态效益分析

根据各指标无量纲化处理公式(公式 2—3),对不同退耕还林还草模式下各项指标的调查与统计的原始数值进行无量纲化处理(表 2)。根据无量纲化数据和各评价指标权重,按综合效益评价数学模型(公式 4),计算出伊金霍洛旗不同退耕还林还草模式的综合生态效益指数(表 3)。

表 2 退耕还林还草模式综合生态效益指标的标准数量化值

评价指标	权重( $W_i$ )	杨树+沙打旺	柠条+沙打旺	沙柳+沙打旺	未退耕荒地
		退耕模式	退耕模式	退耕模式	对照
生物多样性指数	0.1236	2.0060	2.7030	2.3254	1.0000
植被覆盖率	0.1299	8.5730	9.2257	9.0036	1.0000
土壤含水量	0.0738	1.2824	1.3221	1.2094	1.0000
土壤有机质含量	0.1119	1.2918	1.1427	1.1128	1.0000
土壤容重	0.0612	1.0343	1.0169	1.0032	1.0000
温度	0.0410	1.1011	1.0265	1.0265	1.0000
湿度	0.0480	0.7946	1.0322	1.0545	1.0000
风速	0.0899	2.5947	1.3147	3.0813	1.0000
土壤结皮率	0.0888	7.5702	8.7350	9.2336	1.0000
风蚀模数	0.2319	6.5703	7.4184	10.4167	1.0000

表 3 不同退耕还林还草模式综合生态效益指数

评价指标	权重( $W_i$ )	杨树+沙打旺	柠条+沙打旺	沙柳+沙打旺	未退耕地
		退耕模式	退耕模式	退耕模式	对照
生物多样性指数	0.1236	0.2479	0.3341	0.2874	0.1236
植被覆盖率	0.1299	1.1136	1.1984	1.1696	0.1299
土壤含水量	0.0738	0.0946	0.0976	0.0893	0.0738
土壤有机质含量	0.1119	0.1446	0.1279	0.1245	0.1119
土壤容重	0.0612	0.0633	0.0622	0.0614	0.0612
温度	0.0410	0.0451	0.0421	0.0421	0.0410
湿度	0.0480	0.0381	0.0495	0.0506	0.0480
风速	0.0899	0.2333	0.1182	0.2770	0.0899
土壤结皮率	0.0888	0.6722	0.7757	0.8199	0.0888
风蚀模数	0.2319	1.5237	1.7203	2.4156	0.2319
综合生态效益指数		4.1765	4.5260	5.3374	1.0000

从表 3 可以看出,不同退耕还林还草模式的综合生态效益指数均大于未退耕地,其综合效益指数排列顺序为沙柳+沙打旺退耕模式>柠条+沙打旺退耕模式>杨树+沙打旺退耕模式>未退耕荒地。沙柳+沙打旺退耕模式综合生态效益为未退耕地的 5.34 倍,是三种退耕模式中生态效益最优的模式;柠条+沙打旺退耕模式综合生态效益为未退耕地的 4.52 倍;杨树+沙打旺退耕模式综合生态效益为未退耕地的 4.18 倍。同时,不同退耕模式各项指标的效益值均明显大于未退耕荒地,尤其是植被覆盖率指标和风蚀模数指标显著大于未退耕地。这充分表明伊金霍洛旗风沙区退耕还林对提高林草覆盖、维护生物多样性、改良土壤、保持水土和防风固沙等方面具有巨大的效益。

4 讨论与结论

在风沙区进行人工造林时,造林树种的选择受到很大的限制,而且由于风沙区干旱少雨,植物的成活率低,人工林需要较长的时间才能形成稳定的生态系统。因此,风沙区进行退耕还林还草建设时,还林还草模式配置显著影响生态、社会经济效益。

对风沙区退耕还林还草生态效益开展评价能够科学规范地确定出适合风沙区的退耕模式。在进行风沙区不同退耕还林还草模式生态效益评价时,评价指标的选取和指标权重的确定决定着评价的结果。本文在相关研究的基础上,结合风沙区的实际情况,筛选探讨了风沙区退耕还林工程生态效益评价指标体系,评价指标体系内选取了对风沙区影响较大的植被覆盖率、土壤有机质、土壤结皮率等指标。据闫德仁等研究表明,土壤结皮能够增加土壤稳定性、防止风蚀和输入大气氮等方面具有重要的作用<sup>[13]</sup>。将土壤结皮率作为评价指标,既能够表征风沙区各退耕模

式的稳定性,又能很好地说明退耕还林区的防风固沙效果。本文取得的主要结论有以下几点。

(1) 伊金霍洛旗风沙区退耕还林还草综合生态效益评价体系由生物效益、水土效益、小气候效益和防风固沙效益 3 个层次 10 项指标构成。指标权重取 AHP 法和德尔菲法的平均值,避免了权重确定时理论与实践之间的差距。最终确定出以“土壤风蚀模数”指标权重最大(0.2319)、“温度”指标权重最小(0.0410)的指标权重体系。

(2) 伊金霍洛旗风沙区 3 种典型退耕还林还草模式发挥生物效益、水土效益、小气候效益、防风固沙效益的大小不同,各效益对综合效益的贡献大小不同。

(3) 3 种典型退耕还林还草模式的综合生态效益指数均大于未退耕荒地,且综合效益值均达到未退耕地的 4 倍以上。表明伊金霍洛旗风沙区退耕还林工程对于提高植被覆盖、防风固沙、水土保持、调节气候等方面具有明显的生态效益。3 种模式综合效益指数排列顺序为沙柳+沙打旺退耕模式>柠条+沙打旺退耕模式>杨树+沙打旺退耕模式>未退耕荒地。沙柳+沙打旺退耕模式生态效益数量值最高,在立地条件适宜的基础上,可在伊金霍洛旗风沙区或在其它风沙区生态建设中应用推广。

参考文献:

[1] 王珠娜,潘磊,余雪标,等.退耕还林生态效益评价研究进展[J].西南林学院学报,2007,27(1):91-96.  
[2] 李世荣,李文忠,李福源,等.青海大通退耕还林生态功能综合评价[J].水土保持研究,2006,13(3):252-254.  
[3] 吴代坤,戴应金,李双龙,等.鄂西南退耕还林 6 种经营模式综合效益评价[J].西南林业大学学报,2011,31(1):34-38.

- 探讨[J]. 气象学报, 2010, 60(2): 277-284.
- [10] 罗敬宁, 郑新江, 朱福康, 等. 中国沙尘暴发生的气象危险度研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(1): 185-198.
- [11] 李锦荣. 基于 RS 和 GIS 的沙尘暴灾害风险评价研究: 以内蒙古锡林郭勒盟为例[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [12] 武健伟, 李锦荣, 孙涛, 等. 锡林郭勒地区沙尘暴气候致灾因子危险性评价[J]. 干旱区研究, 2011, 20(6): 936-943.
- [13] 李宁, 杜子璇, 刘忠阳. 沙尘暴发生过程中的风速和土壤湿度变化[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 28-30.
- [14] Mc Tainsh G H. Climatic controls upon dust storm occurrence in eastern Australia[J]. Journal of Arid Environments, 1998, 39(3): 457-466.
- [15] 顾卫, 蔡雪鹏, 谢峰, 等. 植被覆盖与沙尘暴日数分布关系探讨: 以内蒙古中西部地区为例[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 273-277.
- [16] 顾卫, 蔡雪鹏, 李彰俊, 等. 内蒙古中西部地区沙尘暴日数分布的地貌特征[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(4): 131-136.
- [17] 郭妮, 张杰, 韩涛, 等. 西北特殊地形与沙尘暴发生的关系探讨[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 576-581.
- [18] 李彰俊, 李宁, 顾卫, 等. 内蒙古中西部地区土壤水分对沙尘暴的贡献[J]. 地球科学进展, 2005, 20(1): 24-28.
- [19] 郝璐, 李彰俊, 郭瑞清. 冬春季积雪与沙尘天气发生日数关系的探讨: 以内蒙古中部地区为例[J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 797-801.
- [20] 杜子璇, 李宁, 刘忠阳, 等. 层次分析法在下垫面因子影响沙尘暴危险度研究中的应用[J]. 干旱区地理, 2007, 30(2): 184-188.
- [21] 樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 区域承灾体脆弱性评价指标体系研究[J]. 现代地质, 2001, 15(1): 113-116.
- [22] 樊运晓, 高朋会, 王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型[J]. 灾害学, 2003, 18(3): 20-23.
- [23] 樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 区域承灾体脆弱性综合评价指标权重的确定[J]. 灾害学, 2001, 16(1): 85-87.
- [24] 叶宗裕. 关于多指标综合评价中指标正向化和无量纲化方法的选择[J]. 浙江统计, 2005, (4): 24-25.
- [25] 韩胜娟. SPSS 聚类分析中数据无量纲化方法比较[J]. 科技广场, 2008(3): 229-231.
- [26] 张卫华, 赵铭军. 指标无量纲化方法对综合评价结果可靠性的影响及其实证分析[J]. 统计与信息论坛, 2005, 20(3): 33-36.
- [27] 陈松林, 王天星. 等间距法和均值—标准差法界定城市热岛的对比研究[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(2): 145-150.
- [28] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006.
- [29] 杜娟, 何飞, 史培军. 湘江流域洪水灾害综合风险评价[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 38-44.

(上接第 107 页)

- [4] 方向京, 李贵祥, 张正海. 滇东北不同退耕还林类型生物生产量及水土保持效益分析[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 229-232.
- [5] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 149-152.
- [6] 杨建波, 王利. 退耕还林生态效益评价方法[J]. 中国土地科学, 2003, 17(5): 54-58.
- [7] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1986.
- [8] 魏强, 柴春山. 半干旱黄土丘陵沟壑区小流域水土流失治理综合效益评价指标体系与方法[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 87-89.
- [9] 古丽努尔·沙布尔哈孜, 尹林克, 热合木都拉·阿地拉, 等. 塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益评价: 以新疆生产建设兵团农二师 33 团为例[J]. 干旱区研究, 2004, 21(2): 161-165.
- [10] 张勇, 李有华, 杜轶, 等. 区域退耕还林(草)工程综合效益评价研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(6): 108-111.
- [11] 任春燕. 基于层次分析法的纸坊沟流域农业生态经济系统效益评价[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 214-217, 222.
- [12] 姚清亮. 河北省退耕还林工程效益评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009: 43-44.
- [13] 闫德仁, 薛英英, 韩凤杰, 等. 沙漠生物土壤结皮国外研究概况[J]. 内蒙古林业科技, 2007, 33(1): 39-40.

(上接第 112 页)

- [8] 吴立忠, 郭世乾, 张保田. 基于 GIS 的黄土高原丘陵沟壑区的耕地地力评价研究: 以天水市麦积区耕地地力评价为例[J]. 中国农业资源与区划, 2009, 30(6): 35-41.
- [9] 陈颖, 吴柏清, 邹卓阳, 王广杰. 基于 GIS 的土地适宜性评价: 以四川省马尔康县为例[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 100-103.
- [10] 傅伯杰. 土地评价的理论和实践[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [11] 戴旭. 农业土地评价的理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [12] 庄锁法. 基于层次分析法的综合评价模型[J]. 合肥工业大学学报, 2000, 23(4): 582-590.
- [13] 农肖肖, 何政伟, 吴柏清. ARCGIS 空间分析建模在耕地质量评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2009, 16(1): 234-236.
- [14] 王蓉芳, 曹富友, 彭世琪, 等. 农业部行业标准: 全国耕地类型区、耕地地力等级划分[R]. 1996.