

库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价

王睿¹, 杨国靖²

(1. 西华师范大学 国土资源学院, 四川 南充 637009; 2. 中国科学院 西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: [目的] 研究库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益, 为沙漠化治理效益评价提供科学参考。[方法] 通过建立了库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价指标体系, 采取层次分析法和模糊综合评价法进行生态效益评价。[结果] 在生态效益评价指标的权重中, 排在前 3 位的分别是植被盖度、地上生物量、草层高度评价指标, 植被因子在沙漠化治理中较其他因子更为重要, 植被恢复状况对库布齐沙漠化治理的影响显著; 基于模糊综合评价结果可知, 研究区防沙治沙生态效益值为 53, 属于一般状况。当地农户普遍认为防沙治沙明显改善了当地生态环境, 大多数农户对沙漠化治理工作认同度较高。[结论] 随着生态政策和治理措施的推进, 治理效益将呈现良好态势; 农户生态环保意识较差, 还需加强农户生态环保意识, 并提高农民文化水平。

关键词: 防沙治沙; 生态效益; 模糊综合评价; 库布齐沙漠

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)05-0174-06

中图分类号: F127, F326.2

文献参数: 王睿, 杨国靖. 库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5): 174-179. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.05.028. Wang Rui, Yang Guojing. Evaluation of ecological benefit of combating desertification in east edge of Hobq desert[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5): 174-179.

Evaluation of Ecological Benefit of Combating Desertification in East Edge of Hobq Desert

WANG Rui¹, YANG Guojing²

(1. College of Land and Resources, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009, China;

2. Northwest Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: [Objective] Ecological benefit of combating desertification in east edge of Hobq desert was studied in order to provide scientific reference for benefit evaluation of desertification control. [Method] The assessment index system of ecological benefits of combating desertification was established, and the ecological benefit was evaluated by analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation method. [Results] Among the ecological benefit evaluation indicators, the top three were vegetation coverage, aboveground biomass and grass height. Vegetation factor was more important than other factors in desertification control, and vegetation recovery had a significant impact on the management of the desertification. Based on the fuzzy comprehensive evaluation, the assessment index value of ecological benefit of combating desertification in the east edge of Hobq desert was 53 as the general level. Farmers generally believed that sand control had obviously improved the local ecological environment, and most of the farmers had a higher degree of recognition for the desertification control. [Conclusion] With the promotion of ecological policies and management measures, management benefit will show a good situation. The farmers' awareness of eco-environmental protection is poor and need to be strengthened, and their cultural level need to be improved.

Keywords: desertification combating; ecological benefit; fuzzy comprehensive evaluation; Hobq desert

收稿日期: 2018-04-11

修回日期: 2018-04-23

资助项目: 国家重点研发计划项目“亚洲中部干旱区气候变化影响与丝路文明变迁研究”(2018YFA0606402); 国家重点研发计划项目“中国北方半干旱荒漠区沙漠化防治关键技术与示范”(2016YFC0500909); 西华师范大学科研启动资助项目(412653)

第一作者: 王睿(1986—), 男(汉族), 甘肃省武都区人, 博士, 讲师, 主要从事生态经济与区域可持续发展研究。E-mail: wangruiwr2009@126.com.

通讯作者: 杨国靖(1974—), 女(汉族), 山东省冠县人, 博士, 副研究员, 主要从事寒旱区景观生态学方面的研究。E-mail: ygj7518@163.com.

沙漠化是全球面临的重大环境问题之一,沙漠化的蔓延对人类生存和发展构成了巨大威胁^[1]。因此,沙漠化治理逐渐引起了学术界和政界的广泛关注^[2-5]。目前,沙漠化治理大多采用机械、生物和化学等防治措施,取得了显著效果^[6]。中国多年的沙漠化治理实践表明,沙漠化治理措施的效果需要一定的方法来监测和评估^[7]。对沙漠化治理效益监测和评估不仅有助于揭示区域生态治理现状,而且通过科学评估,可以定量分析防沙治沙措施的效果,为区域生态治理与社会经济可持续发展提供科学借鉴和决策。关于沙漠化治理的效益评价研究,国内外学者开展了大量有意义的工作并取得了诸多成果^[8-10]。Berry^[11]经过长期实地考察,提出了沙漠化防治效益分析,应以气候、土壤、植被等自然因子为评价指标,建立了适用于广大沙漠化地区的4级评价指标体系,对沙漠化治理效益评价提供了很好的借鉴。刘勇等^[12]运用模糊综合评价法对内蒙古通辽市沙漠化治理生态工程的生态效益进行了评价,包括保护草场权益、涵养水源效益、防风固沙效益等。丁国栋^[13]以毛乌素沙地为研究区,在前期对植被因子、土壤因子分析的基础上,以沙地草场类别为依据,建立了沙地草场退化的效益评价指标体系。刘玉平^[14]采取植被分级、梯度分析等方法,建立了毛乌素沙地草场在植被群落层面上的沙漠化治理效益评价指标,主要包括植被指标、土壤指标、人文指标等。从前人研究发现,关于沙漠化防治效益评价研究方面,大多采用生态治理工程和草原沙漠化的评价指标和方法,关于沙漠化治理的效益评价研究显得较为薄弱,尤其是对库布齐沙漠东缘防沙治沙的生态经济效益评估和分析的研究相对不足。

因此,本文拟以库布齐沙漠东缘的生态治理区为研究区,通过实地调研、野外观测、社会问卷调查及室内分析等研究手段,对该生态治理区的植被、土壤、气象和防风治沙效果进行监测,分析治理区周边农户的社会经济状况,掌握库布齐沙漠东缘生态治理状况和发展态势,并建立库布齐东缘生态治理区防沙治沙效益评价指标体系,从生态、经济和社会效益3方面进行综合评价,以期客观评价库布齐沙漠生态治理效益,促进库布齐沙漠地区生态修复和社会经济可持续发展提供科学支撑。

1 研究区概况

库布齐沙漠是中国第7大沙漠,地处 $107^{\circ}18' - 111^{\circ}30' E$, $39^{\circ}30' - 40^{\circ}41' N$,总面积约 $1.45 \times 10^6 \text{ hm}^2$,沙漠全长约400 km,东部区南北宽约15~20

km,沙丘形态以沙丘链和网格状沙丘居多^[15]。库布齐沙漠属典型的温带大陆性季风干旱气候区,年均降水量316 mm,年均蒸发量2 162 mm^[16],冬季较为寒冷,夏季温和,昼夜温差较大。全年平均气温 $6.2^{\circ} C$,平均风速4.5 m/s,以西风、西北风为主风向。

库布齐沙漠地势平坦,北部紧邻黄河,农业灌溉较为便利,水热条件良好。沙漠内植被种类单一,主要有油蒿(*Atemisia ordosica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、沙竹(*Psammochloa villosa*)、沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)、杨柴(*Astragalus mongolicum*)、木蓼(*Atraphaxis frutescens*)等^[17],生物多样性贫乏,流动沙丘和半固定沙丘的植被覆盖度较低,约为1.5%~3.5%。库布齐沙漠植被东部较西部较为茂密,呈现出从西向东植被覆盖度增大的趋势^[18]。

20世纪80年代,各级党委政府、企业和个人先后参与库布齐沙漠的生态治理,形成了集生态治理、产业发展、生态经济和扶贫脱贫的库布齐治沙扶贫模式^[19]。库布齐沙漠生态治理大致可分为以下几个阶段:①被动初步造林阶段(1988—1995),主要特点是资金和技术投入少,造林进度慢,造林面积小,治理效果差;②主动治沙造林阶段(1996—2001),各级政府高度重视,企业主动进行沙漠治理;③理想化治沙造林阶段(2002—2003),部分企业进军沙漠,但急于求成;④正规化治沙造林阶段(2004—2006),造林技术大大提高,治沙效果显著;⑤科学化、规模化治沙造林阶段(2007—2015),库布齐治沙扶贫理论体系形成,库布齐沙漠治理由其北缘向腹部延伸。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价采取层次分析法和模糊综合评判模型进行研究。层次分析法(AHP)是集定性分析与定量分析为主的决策分析方法,该方法通常将复杂的决策问题简单化、数学化,将定性化延伸到定量化,适合于复杂模糊的综合系统评价,被广泛运用在复杂系统评价权重确定上^[20]。运用层次分析法确定权重,采取模糊综合评价模型,建立综合评判矩阵对复杂的生态系统进行评价,展秀丽等^[21]在青海湖流域防沙治沙生态效益评价中已有所运用,并具有较强的适用性。

2.1.1 构建评价指标体系 根据库布齐沙漠东缘生态治理区的实际状况,要选择具有较强代表性且便于量化的评价指标,应当遵循以下建立原则:可操作性原则、典型性原则、全面性和概括性原则、科学性原

则、独立性原则等^[22]。

根据以上评价指标建立原则,鉴于库布齐沙漠东缘生态治理区情况和数据的可获取性,本文构建了反映研究区防沙治沙的效益评价指标体系,主要涵盖治理区的生态、经济和社会 3 方面(图 1)。其中,生态

效益评价指标包括土壤含水率、当地大风日数、地上生物量、草层高度、细沙比重、植被盖度;经济效益评价指标包括人均粮食、低保人口比重、农户人均纯收入、人均牲畜头数;社会效益评价指标包括人均受教育年限、恩格尔系数、各专业技术人员数。

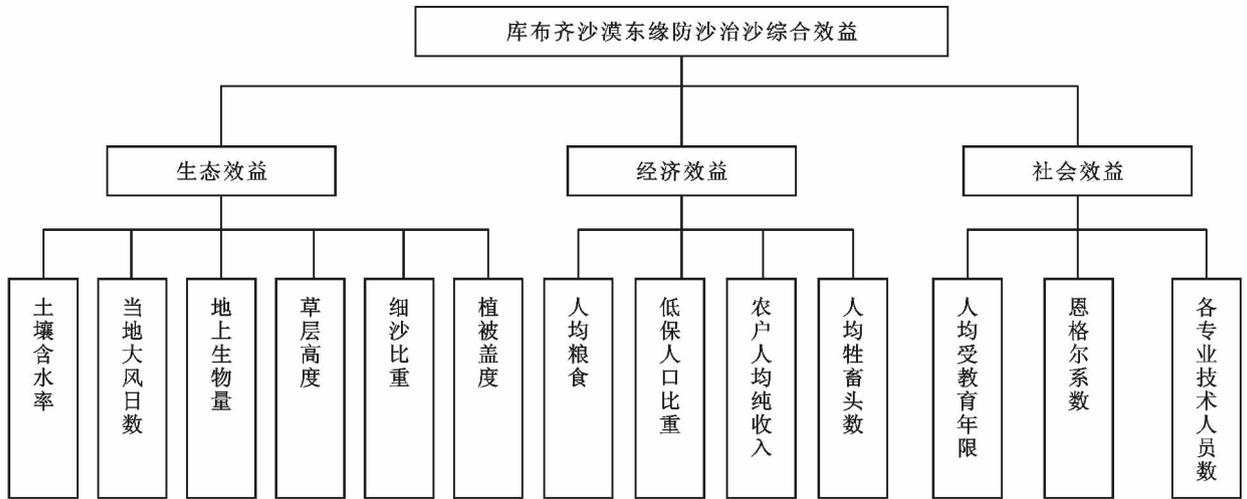


图 1 库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价指标体系

库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价指标体系可看作是 1 个 2 级 3 层结构的体系。其中,综合效益是目标层,生态、经济和社会效益是准则层,13 个具体指标是方案层。基于模糊综合评价理论,可将方案层对准则层的评价看作一级评价,同时将准则层对方案层的评价看作 2 级评价,因此整个评价指标体系构成了 1 个 2 级 3 层的模糊综合评判模型。

2.1.2 确定评价指标权重 为确定库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价指标的权重,邀请 8 位从事沙漠化治理、效益评估和干旱区生态环境研究方面的专家学者,对各级评价中各个元素的相对重要性进行两两比较并打分,打分标准采用 1—9 和倒数的相对重要性标度(表 1),从而得到判断矩阵。

得出各个判断矩阵后,进行层次单排序、层次总排序及一致性检验,层次单排序的一致性检验公式如下:

$$R_C = I_C / I_R \quad (1)$$

式中: R_C ——一致性比率; I_C ——一致性指标;

I_R ——平均随机一致性指标,当 $R_C < 0.10$ 时,表示判断矩阵有满意的一致性,通过一致性检验,否则需重新构建判断矩阵。层次总排序也需作一致性检验,检验类似于层次单排序。

表 1 库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价指标重要程度 1—9 标度

标度 a_{ij}	含义
1	X_i 与 X_j 两元素同等重要
3	X_i 元素比 X_j 元素稍微重要
5	X_i 元素比 X_j 元素明显重要
7	X_i 元素比 X_j 元素强烈重要
9	X_i 元素比 X_j 元素极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断的中值
倒数	X_i 元素与 X_j 元素比较的判断 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

通过层次单排序及总排序一致性检验后,计算出评价指标权重,并对 8 位专家给出的权重统计,得出各评价指标的权重。判断矩阵及权重见表 2。

表 2 库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价指标判断矩阵及权重

生态效益	土壤含水率	当地大风日数	地上生物量	草层高度	细沙比重	植被盖度	权重
土壤含水率	1	1/3	1/4	1/3	3	1/5	0.068 3
当地大风日数	3	1	1/2	1/3	2	1/4	0.107 2
地上生物量	4	2	1	2	3	1/3	0.214 4
草层高度	3	3	1/2	1	4	1/2	0.194 8
细沙比重	1/3	1/2	1/3	1/4	1	1/3	0.055 1
植被盖度	5	4	3	2	3	1	0.360 2

注: $\lambda_{\max} = 6.510 1$; $R_C = 0.081 < 0.10$ 。

按照层次分析法,邀请 8 位从事沙漠化治理、效益评估和干旱区生态环境研究方面的专家学者对各评价指标进行打分,计算出了库布齐沙漠东缘生态治理区防沙治沙生态效益评价指标的权重值。从表 2 可知,植被盖度权重为 0.360 2,地上生物量权重为 0.214 4,草层高度权重为 0.194 8,这 3 项评价指标的权重排在前 3 位,而细沙比重的权重值最小,仅为 0.055 1,这表明细沙比重因子相对于其他评价因子重要性较小,而植被因子在沙漠化治理生态效益分析中更为重要,植被恢复状况很大程度上影响沙漠化治理的成效。

2.1.3 计算评价指标隶属度 如公式(2—3),采取升半梯形和降半梯形的直线函数来表示库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价指标的隶属度。假设评价指标的最优值为 u_i ,最劣值为 v_i ,实际值为 a_i , S_i 为隶属度,当 $u_i > v_i$ 时,为升半梯形,反之为降半梯形。

升半梯形公式:

$$S_i = \begin{cases} 0 & (0 \leq a_i \leq v_i) \\ \frac{a_i - v_i}{u_i - v_i} & (v_i \leq a_i \leq u_i) \\ 1 & (a_i \geq u_i) \end{cases} \quad (2)$$

降半梯形公式:

$$S_i = \begin{cases} 1 & (a_i \leq v_i) \\ \frac{u_i - a_i}{u_i - v_i} & (u_i \leq a_i \leq v_i) \\ 0 & (a_i \geq v_i) \end{cases} \quad (3)$$

库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价指标分级的临界值选取充分考虑了库布齐沙漠东缘防沙治沙实际状况,并参考了《草原沙化工程生态效益评价的指标体系构建和分析》《科尔沁土地沙漠化单要素分类标准》和《草原沙漠化治理工程生态效益评价》^[23-26],具体分级数值见表 3。

表 3 库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益各评价指标的分级数值

分级	植被盖度/ %	土壤含水率/ %	细沙比重/ %	地上生物量/ ($g \cdot m^{-2}$)	草层高度/ cm	当地大风日数/ d
差	<10	2.54	<20	<75	<10	>60
一般	10~25	2.14	20~40	75~150	10~20	45~60
良	25~50	1.74	40~60	150~300	20~30	30~45
优	>50	1.33	≥ 60	≥ 300	≥ 30	<30

2.2 数据来源

本文数据来源于研究区实地观测数值、社会问卷调查数据和统计年鉴等。其中,生态效益评价指标数据来源于 2016 年 4 月对库布齐沙漠东缘生态治理区植被、水文、气象和土壤等的现状监测数据,其中,生态治理区位于库布齐沙漠东北部独贵塔拉镇至锡尼镇运煤专线的穿沙公路南侧的一个典型沙丘上,面积共 2.5 hm^2 ,治理区内植被类型多为沙生灌丛。选取典型植被区,随机调查 1 m \times 1 m 的样方测量获取其植被盖度、草层高度和地上生物量数据;采取传感器精度为 $\pm 0.1 m/s + 2\%$ 的多点自记式风速仪测量并记录,来获取当地大风日数数据;选取在前期无降水的条件下,在治理区随机选择 10 cm 处土样,用环刀取样,土样装入标记好的密封袋避光密封。将土壤样品带回实验室装入铝盒中,用精度为 0.001 g 电子天平称重,在 105 $^{\circ}C$ 烘箱内烘 8 h 至恒重,冷却后称重记录来获取土壤含水率;细沙比重通过挖土壤垂直剖面,取地表 10 cm 土层沙样,带回实验室测定得到。而社会、经济效益评价指标数据则来源于 2016 年 9 月对生态治理区周边农户社会问卷调查和 2013—2017 年《鄂尔多斯统计年鉴》《杭锦旗统计年鉴》和

《杭锦旗辉煌 50 年》等资料,其中,发放调查问卷 325 份,有效问卷 316 份,调查问卷内容涉及农户对研究区防沙治沙生态政策的认知、防沙治沙措施改善环境的程度、治沙模式的效果分析等,同时将获取的数据进行室内分析和处理,以满足研究需要。

3 结果与分析

3.1 生态效益评价

库布齐沙漠东缘防沙治沙效益评价是在生态、经济和社会效益评价的基础上,利用层次分析法计算的指标权重,结合研究区实地监测的现状数据和社会问卷调查数据等,基于模糊综合评价模型,结合各评价指标实地现状观测数据,从而计算出隶属度(表 4)。

表 4 库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价指标数值及隶属度

指标	观测值	S_i
土壤含水率/%	2.5	0.97
当地大风日数/d	32	0.07
地上生物量/($g \cdot m^{-2}$)	109.9	0.16
草层高度/cm	12.9	0.15
细沙比重/%	76.5	1.00
植被盖度/%	47.6	0.94

注:数据来源于 2016 年 4 月实地观测。

根据库布齐沙漠东缘生态治理区实地调研和现状观测数据,结合各评价指标的分级数值,将观测值代入隶属度计算公式,从而得出隶属度,将层次分析法得出的权重乘以隶属度,并加权求和,计算出库布齐沙漠东缘防沙治沙的生态效益指数。

$$M = \sum_{i=1}^n W_i S_i \quad (n=1,2,3,\dots,6) \quad (4)$$

式中: M ——生态效益指数; W_i ——各评价指标的权重; S_i ——各评价指标的隶属度。

运用生态效益评价指数模型,计算出库布齐沙漠东缘生态治理区的生态效益指数,将其换算为百分制,然后根据评价总分做相应分析,评价得分越高,表示其生态效益越好;评价得分越低,代表其生态效益越差。基于前人研究成果^[27],评价等级划分标准见表 5。

表 5 库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价等级划分标准

评价分级	分值
优	80~100
良	60~79
一般	40~59
差	<40

基于上述数学模型,将实测值代入公式,计算出库布齐沙漠东缘生态治理区防沙治沙生态效益指数为 0.53,将其换算为百分制,即 53,依据表 5 的划分标准,其生态效益属于一般。这反映出库布齐沙漠东缘区目前正处于中级生态系统,生态系统还较为脆弱,防沙治沙工作正在初步显现成效,但还应进一步采取有效的生态治理措施确保防沙治沙效益的提高。针对库布齐沙漠东缘生态治理区的生态效益现状,究其原因,可能与该区域防沙治沙措施实施的时间较短,土壤水分和理化性质及其植被生长状况密切相关,因为固沙植物生长需要一定的生长周期,且受限于区域水分条件,故在一定程度上影响了其生态效益。总之,库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益状况属于一般,随着今后该区域生态治理措施的跟进,土壤和植被等生态系统构成部分的逐步恢复,治理效益将呈现良好态势,但仍需要一定的生态治理政策和治理措施的持续推进和保护。

3.2 农户对防沙治沙生态效益的响应

本研究于 2016 年 9 月对库布齐沙漠东缘生态治理区周边一杭锦旗的 7 个苏木(镇),26 个嘎查的农户进行社会经济状况调查,设计了相应的调查问卷,问卷内容涉及农户对研究区防沙治沙生态政策的认

知、防沙治沙措施改善环境的程度、治沙模式的效果分析等,将调查问卷数据收集整理,运用 SPSS 软件进行统计分析,初步研究了库布齐沙漠东缘生态治理区的社会经济状况。通过对农户行为调查,可以从侧面反映出他们对库布齐沙漠治理的感知及其库布齐防沙治沙对其生产生活的影响,为进一步探讨库布齐沙漠东缘防沙治沙生态效益评价起到重要的铺垫作用。基于调查问卷统计分析,从图 2a 中发现关于库布齐沙漠防沙治沙政策的了解程度上,被访农户约 65.2% 的比较了解该政策,仅有 6% 的农户不了解相关治理政策,可见库布齐沙漠防沙治沙政策被大部分农户所了解,其生产生活也受到政策影响。从图 2b 中发现,农户认为库布齐沙漠防沙治沙对环境改善的占到 63%,增加农户收入的占到 21%,促进农业产业结构的占 11%,不清楚的占 5%,可见绝大多数农户认为库布齐治沙措施对当地生态环境影响较大,同时也增加了农户经济收入。从图 2c 中可知,关于库布齐沙漠防沙治沙措施对生态环境改善程度,72.5% 的农户认为明显改善,而回答轻度改善的占 21%,没有改善的仅占 6.5%,反映出库布齐沙漠防沙治沙效果显著,明显改善了当地生态环境,库布齐沙漠东缘防沙治沙的生态效益逐步凸显。从图 2d 中可知,农户对是否愿意参加库布齐沙漠生态治理,绝大多数农户(89.7%)表示愿意参与沙漠化治理,对参与沙漠化治理持无所谓态度的占 8.2%,不愿意参与比例最小,占 2.1%,这表明当地农户对库布齐沙漠生态治理参与度很高,能积极参与到沙漠化治理中,对库布齐治沙措施的响应度高。问卷调查的统计结果显示,关于沙漠生态环境改善的原因,认为与库布齐治沙措施的实施“有很大关系”的占 56.6%，“有一点关系”的占 33.7%，“无关”的占 9.7%，表明库布齐沙漠生态环境的改善与当地防沙治沙关系较为密切,农户对治理效果的满意度较高,库布齐沙漠防沙治沙的生态效益显著。

从以上结果分析可知,库布齐沙漠地区农户行为的响应具有如下特点:首先,被访农户普遍认为库布齐防沙治沙措施对当地生态环境有一定程度的改善,但还需政府进一步努力,确保治理效果;其次,被访农户大多知道生态环境保护的重要性,能积极参与到库布齐沙漠化治理中,对沙漠化治理工作较为认同,但鉴于当地农户受教育程度普遍较低,生态环保意识较差,还需政府在农户文化知识水平方面进一步改善。

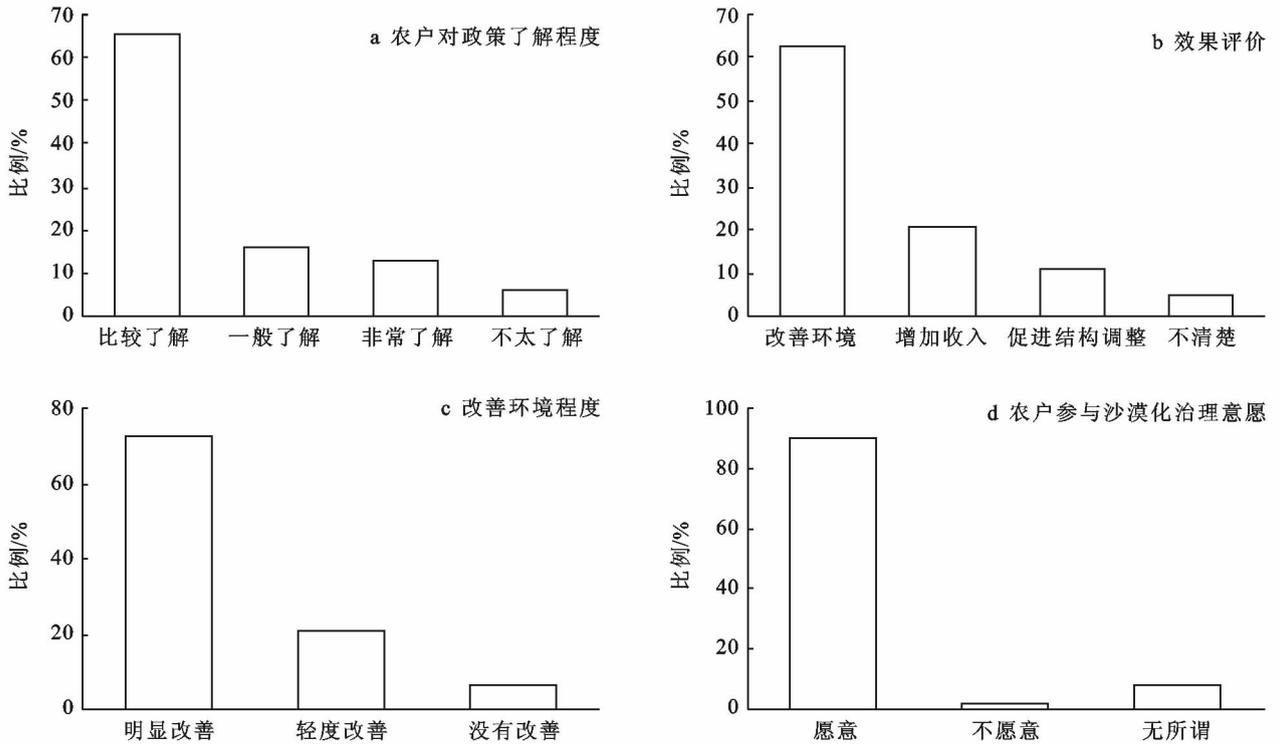


图2 研究区农户对库布齐沙漠防沙治沙的感知

4 结论与讨论

(1) 基于层次分析法,通过邀请专家打分建立判断矩阵,计算出研究区沙漠化治理的生态效益各评价指标权重。从权重可知,排在前3位的分别是植被盖度、地上生物量、草层高度评价指标,表明植被因子在沙漠化治理中较其他因子更为重要,植被恢复状况对沙漠化治理的影响度更显著,今后在库布齐沙漠应加强植被修复,确保沙漠化治理成效明显。

(2) 采取模糊综合评价法,结合模糊综合评价数学模型,计算出研究区沙漠化治理的生态效益一般,表明库布齐沙漠东缘区生态系统还较为脆弱,生态修复处于中等阶段,随着今后该区域生态政策和治理措施的推进,治理效益将呈现良好态势,但在此过程中需注重生态承载力问题。

(3) 通过对库布齐沙漠东缘治理区周边一杭锦旗农户社会经济状况的调查,初步探讨了库布齐沙漠东缘地区农户的生态环保意识和对防沙治沙效益的响应,当地农户普遍认为防沙治沙明显改善了当地生态环境,大多数农户对沙漠化治理工作认同度较高,但鉴于农户科技文化水平较低,生态环保意识较差,还需进一步努力,切实提高沙漠治理效果。

鉴于研究数据的难获取性和部分社会经济指标的难量化,本文未对研究区防沙治沙的社会经济效益进行深入分析,只对其生态效益进行了现状评价,

由于研究数据较为欠缺,选取了研究区当年的面板数据,初步分析了研究区沙漠化治理的生态效益,今后应对研究区防沙治沙的社会经济效益进行科学评价,同时应结合时间序列对研究区防沙治沙效益进行动态对比分析,从而更加全面科学的对研究区防沙治沙的生态、经济和社会效益进行综合分析。

[参 考 文 献]

- [1] 丁文广,仙均让,魏银丽.企业主导的沙漠化治理模式研究:以甘肃省瓜州县为例[J].生态经济,2011,20(6):156-159.
- [2] 樊胜岳,高新才.中国荒漠化治理的模式与制度创新[J].中国社会科学,2000,45(6):37-44.
- [3] 王丛虎,白建华.我国荒漠化治理中的问题及对策建议[J].天津行政学院学报,2005,7(4):72-76.
- [4] 朱春玉.制度创新:我国西部荒漠化治理的根本出路[J].经济经纬,2002,23(5):32-34.
- [5] Hawlena D, Bouskila A. Land management practices for combating desertification cause species replacement of desert lizards[J]. Journal of Applied Ecology, 2006,43(4):701-709.
- [6] 宗玉梅,俎瑞平,王睿,等.库布齐沙漠含水率对风沙运动影响的风洞模拟[J].水土保持学报,2016,30(6):61-66.
- [7] 谢徽.基于VS的荒漠化监测与评估系统开发研究[D].南昌:江西农业大学,2015.

- [4] 严立冬, 麦瑜翔, 潘志翔, 等. 农地整治项目农户满意度及影响因素分析[J]. 资源科学, 2013, 35(6): 1143-1151.
- [5] Dijk T V. Complications for traditional land consolidation in Central Europe[J]. Geoforum, 2007, 38(3): 505-511.
- [6] Tan R, Bechmann V, Berg L, et al. Governing farm and conversion: Comparing China with the Netherlands and Germany[J]. Land Use Policy, 2009, 26(4): 961-974.
- [7] 文枫, 杨庆媛, 鲁春阳, 等. 土地整理公众参与的问题及对策研究[J]. 中国国土资源经济, 2009, 22(5): 10-13.
- [8] 汪文雄, 李敏, 余利红, 等. 农地整治项目农户有效参与的测度及其诊断: 以湖北省为例[J]. 资源科学, 2015, 37(4): 671-679.
- [9] 汪文雄, 王文玲, 朱欣, 等. 农地整理项目实施阶段农户参与程度的影响因素研究[J]. 中国土地科学, 2013, 27(7): 62-68.
- [10] 汪文雄, 杨海霞. 农地整治权属调整中农户参与的行为机理研究[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2017(5): 108-116.
- [11] 汪文雄, 李敏, 余利红, 等. 农地整治项目农户有效参与的实证研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(7): 128-137.
- [12] 刘生龙. 教育和经验对中国居民收入的影响: 基于分位数回归和审查分位数回归的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2008(4): 75-85.
- [13] 周密, 张广胜, 杨肖丽, 等. 城市规模、人力资本积累与新生代农户工城市融入决定[J]. 农业技术经济, 2015(1): 54-63.
- [14] 危小建, 刘耀林, 王娜. 湖北省土地整治项目空间分异格局[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 195-203.
- [15] 约翰·克莱顿·托马斯. 公共决策中的公民参与: 公共管理者的新技能与新策略[M]. 孙柏瑛译. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- [16] 李龙利. 基于人因系统理论的空中交通管制工作负荷研究[J]. 陕西理工学院学报: 自然科学版, 2014, 30(5): 29-33.
- [17] Reason J T. Human Error[M]. New York: Cambridge University Press, 1990.
- [18] 陈守东, 王妍. 我国金融机构的系统性金融风险评估: 基于极端分位数回归技术的风险度量[J]. 中国管理科学, 2014, 22(7): 10-17.

(上接第 179 页)

- [8] 王涛, 陈广庭, 董治宝, 等. 内蒙古巴林右旗沙漠化治理模式与效益分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(5): 750-756.
- [9] 孙德祥, 钱拴提, 周广阔, 等. 宁夏盐池半荒漠区沙漠化土地综合治理生态工程效益评价[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 80-83.
- [10] Yang T T, Wu Xinhong, Li Peng, et al. The study on ecological benefit evaluation index system of grassland desertification control project[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2008, 23(6): 171-179.
- [11] Dregne H E. Aridity and land degeneration [J]. Environment, 1985, 27(8): 16-33.
- [12] 刘勇, 支玲, 邢红, 等. 基于模糊评价法的林业生态工程综合效益后评价研究: 以内蒙古开鲁县三北工程为例[J]. 林业经济, 2007(7): 36-40.
- [13] 丁国栋. 荒漠化评价指标体系的研究: 以毛乌素沙区为例[D]. 北京: 北京林业大学, 1998.
- [14] 刘玉平. 毛乌素沙地的飞播固沙成效: 以榆林县红石峡播区为例[J]. 中国草地学报, 1993(3): 45-48.
- [15] 郭彩霞, 韩致文, 李爱敏, 等. 库布齐沙漠生态治理与开发利用的典型模式[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2017, 53(1): 112-118.
- [16] 陈雅琳, 常学礼, 崔步礼, 等. 库布齐沙漠典型地区沙漠化动态分析[J]. 中国沙漠, 2008, 28(1): 27-34.
- [17] 邵玉琴, 赵吉. 库布齐固定沙丘土壤微生物生物量的垂直分布研究[J]. 中国沙漠, 2001, 21(1): 88-92.
- [18] 丁崇明, 贾继良, 吴云峰, 等. 鄂尔多斯林业志[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2011: 108-153.
- [19] 沙含玥. 全方位开发沙产业实现库布齐沙漠可持续性治理[J]. 环球人文地理, 2015, 23(18): 23-28.
- [20] 金菊良, 魏一鸣, 丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型[J]. 水利学报, 2004, 35(3): 65-70.
- [21] 展秀丽, 严平. 青海湖流域防沙治沙生态效益现状评价及分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(6): 1773-1778.
- [22] 刘拓. 土地沙漠化防治综合效益评价: 以京津风沙源治理工程河北省沽源县为例[J]. 林业经济, 2005(22): 25-29.
- [23] 杨婷婷, 吴新宏, 姚国征, 等. 草原沙化治理工程生态效益评价的指标体系构建和分析[J]. 中国草地学报, 2009, 31(2): 102-107.
- [24] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会. 沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 47-55.
- [25] 王秋菊. 草原沙漠化治理工程生态效益评价[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [26] 康秀亮. 运用 GIS 和 RS 技术评价内蒙古额济纳旗沙漠化胁迫下植被敏感性[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [27] 孙保平. 荒漠化防治工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 108-112.