

西北地区草地生态系统生态安全评价初探

金 樑,高亚敏,崔光欣,王 平,杨 磊,王晓娟

(兰州大学 草地农业科技学院 甘肃省草原生态研究所,中国甘肃 兰州 730020)

摘 要: 草地生态系统是我国西北生态脆弱地区的重要组成部分,开展其生态安全的评价对于西部大开发战略的实施有着重要的指导作用,对维护西部地区的政治稳定、经济可持续发展、军事安全等有着不可估量的价值。通过对西北生态脆弱地区草地生态系统现状的剖析,阐述了开展草地生态系统生态安全评价的意义,确立了草地生态系统生态安全评价的原则,分析影响草地生态系统生态安全的6个主要因子:人类活动、草地生态系统功能、植被群落动态、气候变化、土壤条件、有害生物等。在此基础上,初步构建草地生态安全评价的理论指标体系。

关键词: 西北地区;生态脆弱区;草地生态系统;生态安全;评价

中图分类号:Q149

文献标识码:A

文章编号:1007-7847(2006)03-0200-06

Integrated Evaluation of Ecological Security on Pastoral Ecosystem in North-west China

JIN Liang, GAO Ya-min, CUI Guang-xin, WANG Ping, YANG Lei, WANG Xiao-juan

(College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Gansu Grassland Ecological Research Institute, Lanzhou 730020, Gansu, China)

Abstract: Ecological security is a hotspot subject focused on the security of a given area including the ecosystem, economy and society. Today, most of the researches were paid attention to the east-China urban ecosystem or agricultural ecosystem. However, the pastoral ecosystem, one of the most important ecosystems in north-west China, was still undiscovered. In order to evaluate the status quo of the ecological security in the pastoral ecosystem, a comprehensive index system was developed to fit the demands of West-China-Development. On the basis of the background data, the importance of the pastoral ecosystem was analyzed and the major influence factors on ecological security were discussed. Human actions, function of pastoral ecosystem, dynamics of plant community, natural climate conditions, soil characters and the harmful organisms were found to be the six major factors. Finally, one comprehensive index system was set up to apply in North-west China pastoral ecosystem.

Key words: north-west China; ecological sensitivity area; pastoral ecosystem; ecological security; evaluation
(*Life Science Research*, 2006, 10(3): 200 ~ 205)

收稿日期:2006-04-01;修回日期:2006-07-25

基金项目:兰州大学引进人才专项基金资助(582402;582403)

作者简介:金樑(1974-),男,江苏连云港人,博士,副教授,主要从事草原生态学和生态经济学研究;王晓娟(1972-),女,甘肃静宁人,博士,副教授,通讯作者,主要从事草原生态学研究。E-mail: xiaojuanwang@lzu.edu.cn.

自20世纪70年代以来,世界上许多国家开展了生态环境问题与国家安全关系的研究,提出了生态安全的理念,其研究目标是一个国家或地区的生态环境能够适应经济和社会可持续发展需要的状态,使生态环境能够在确保不出现重大生态危机的基础上有利于经济增长,有利于经济活动中效率的提高,有利于人民健康状况的改善和生活质量的提高,避免因自然资源衰竭、资源生产率下降、环境污染和退化给社会生活和生产造成短期灾害或长期不利影响。与国防安全、经济安全一样,生态安全是国家安全和社会稳定的重要组成部分,它关系到整个国家与国民的生命和健康。由水体、土壤、大气、森林、草地、海洋等组成的自然生态系统是人类赖以生存、发展的物质基础。当一个国家或地区所处的自然生态环境状况能够维系其经济社会可持续发展时,其生态就是安全的;反之,就是不安全的,因而加强我国的生态安全研究具有重要意义^[1]。其中,如何对一个特定生态系统,特别是生态脆弱地区,进行评价和分析就是生态安全研究的主要内容之一,合理的评价体系和评价结果是开展特定区域生态环境建设的重要依据。

作为我国面积最大的陆地生态系统,草地在调节气候、涵养水源、保持水土、防风固沙、美化环境等方面发挥着举足轻重的作用。我国草地多分布于北方干旱、半干旱地区,生态系统脆弱,生产力低,稳定性差。受自然条件、经济发展和人为破坏等影响,我国草地生态系统受损严重。20世纪80年代以来,北方草原产草量平均下降17.6%,下降幅度最大的荒漠草原达40%,典型草原为20%^[2]。草地生态环境持续恶化、有毒有害植物增生、病虫鼠害加重、生物多样性降低、水土流失严重、沙尘暴频繁发生,最终致使草地生态系统的可持续利用受到威胁,对西部乃至全国的生态环境和经济发展产生严重影响。围绕着如何治理和改善该地区的环境条件,我国政府做出了巨大的努力,无论是退耕还草,还是封山育林,都是为了从源头上加强和改善西部的环境条件,进而为全国的可持续发展提供环境支撑。鉴于我国以往有关生态安全的研究主要集中在东部沿海地区的农田生态系统和城市生态系统^[3,4],而对草地生态系统的安全评价方面的研究相对贫乏^[5],因而加强西部草地生态系统的生态安全研究,具有重要的理论意义和实际应用价值。

1 草地生态安全

生态安全是一个新兴的发展理念,目前尚处在争议的阶段,不同的学者分别提出了不同的看法。其中,国际应用系统分析研究所认为,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、社会秩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,共同构成一个复合人工生态安全系统^[6]。我国学者曲格平认为生态安全包括两层含义:其一是防止由于生态环境的退化对经济基础构成的威胁,主要指环境质量状况低劣和自然资源的减少和退化削弱了经济可持续发展的能力;其二是防止由于环境破坏和自然资源短缺引发人民群众的不满,特别是环境难民的大量产生,从而导致国家的动荡^[7]。郭中伟从生态系统角度出发,认为生态安全是指一个生态系统的结构是否受到破坏,其生态功能是否受到损害^[8]。“生态安全”的显性特征是生态系统提供服务的质量和数量状态。当一个生态系统所提供服务的数量或质量出现异常时,表明该系统的生态安全受到了威胁,即处于“生态不安全”状态。因此,“生态安全”包含两层含义:其一是生态系统自身是否安全,即其自身结构是否受到破坏;其二是生态系统对于人类是否安全,即生态系统所提供的服务是否满足人类的生存需要^[8]。从以上学者对生态安全内涵与外延的剖析来看,生态安全是指一个国家或地区生存和发展所需要的生态环境处于不受或少受破坏或威胁的状态,即使生物与环境、生物与生物、生物与生态系统之间保持功能正常和结构稳定。就本质而言,生态安全是围绕人类社会可持续发展的目的,促进经济、社会和生态三者之间的和谐统一,它是由生物安全、环境安全和生态系统安全3个方面组成的安全体系^[9]。

草地生态系统是人类生存和发展的物质基础之一,也是人类可持续发展的重要保障。从生态学观点出发,草地生态系统的生态安全是指草地赖以发展的自然资源、生态环境处于一种不受或少受破坏或威胁的健康平衡状态。只有在这种状态下,草地生态系统才能拥有稳定、均衡、丰富的自然资源可供利用;才能实现环境的可持续性、生态系统的可持续性和社会经济的可持续性发展。草地生态安全具有综合性、动态性、整体性、不可逆性、地域性、层次性、长期性和战略性等特点^[10,11]。

它既是区域可持续发展所追求的目标, 又是一个不断发展的过程体系。

2 建立草地生态安全评价指标体系的原则

草地生态安全评价指标体系的建立应该体现草地生态系统的现状与水平。基于生态安全内涵的广阔性及其系统的复杂性, 在构建草地生态安全评价指标体系时, 应遵循以下原则:

2.1 科学性原则

草地生态安全评价指标体系必须立足于草地生态系统的实际状况, 指标的概念、物理意义必须明确, 测定方法标准, 统计分析方法规范。指标体系既能较客观和真实地反映草地生态系统安全的内涵, 又能较好地量度草地生态安全主要目标实现的程度。

2.2 综合性与主导因素原则

草地生态系统是一个复杂的系统, 它既受各种自然因素的制约, 又受人类活动的影响, 因而在进行生态安全评价时必须全面分析这些因素, 选取多种指标进行综合划分, 全面、客观、准确地反映草地生态系统的生态安全现状。但要全部概全, 既不现实也无必要, 因而需要选取能够反映草地生态安全特征的主导性因子作为评价指标, 建立科学、完整的评价指标体系, 既简便灵活又准确客观地进行生态安全评价。

2.3 实用性与可操作性原则

建立生态安全评价指标体系的最终目标是决策者和广大人民使用, 要反映发展的现状和趋势, 为政策制定和科学管理服务, 因此指标体系的建立要考虑实用性和可操作性原则。指标的设置要避免过于繁琐, 具有可测性和可比性, 计算方法简单, 数据易于获得和进行定性或定量的表达。

2.4 动态性与稳定性原则

草地生态系统是一个动态的系统, 客观上需要指标体系具有一定的弹性, 能够适应不同时期、不同草地生态系统的特点, 在草地变化过程中能较为灵活地反映草地生态系统的状况。但同时又应保持指标在一定时期内的稳定性, 以便于评价工作的开展。

2.5 持续、保障利用的原则

草地生态系统的可持续发展要求在空间上有利于社会经济的持续发展和区域内人民生活的改善; 社会经济的发展应保证区域内草地生态系统的稳定和恢复, 不以破坏草地生态环境为代价; 在

时间上当代人的经济发展不能给草地生态系统造成破坏或留下隐患, 以致危害和削弱后代人发展经济的能力^[12]。所以, 评价体系应从生态、经济和政策等方面按照草地生态环境的持续利用原则, 保证单要素评价和综合评价结果能够体现出生态和经济的协调性。

3 草地生态安全评价指标体系的建立

影响我国草地生态系统生态安全的因子复杂多样, 既有自然环境的因素, 也有人类有意无意的干扰。本文在参考其他生态安全评价^[1, 4, 13~20]和有关草地生态学研究^[12, 21~22]的基础上, 分析了资料采集的可行性、指标的客观性以及生态安全评价的合理性和科学性, 根据指标选取的原则, 应用层次分析法原理, 围绕草地生态系统最重要的若干影响因子, 构建区域草地生态安全评价体系层次分析模型框架(图 1)。分析归纳结果表明, 人类活动、草地生态系统功能、植被群落动态、气候变化及自然灾害、土壤条件、有害生物是影响草地生态系统生态安全的 6 个主要因子。但由于各地的具体情况不一, 因而在评价某一特定区域时, 应根据本指标体系的主体框架, 结合当地的实际情况, 有选择、有重点、有目的的加以应用。

3.1 人类活动

草地生态系统是一个复合生态系统, 具有多方面的功能, 但是长期以来, 人们只注意到草地的经济价值, 而忽视草地资源的生态功能和社会功能。掠夺性经营和超载过牧日趋严重, 人为破坏草原的现象相当普遍。20 世纪 50 年代以来, 我国有近 50% 的草地因生产力逐年下降而被撂荒成为裸地或沙地; 乱采滥挖草原野生植物和非法开采矿藏破坏草原的事件屡见不鲜, 超载过牧日趋严重。因而, 人类活动是草地生态安全最主要的影响因子之一, 其功能发挥的过程就是系统不断经受人類活动干扰的过程。

人类活动对草地生态系统安全的影响是多方面的(图 1), 包括直接影响因素和间接影响因素, 直接影响因素如放牧、刈割、滥垦滥挖、采矿修路、旅游等; 间接影响因素如人口、文化与教育、科学技术、管理与政策等。其中, 间接影响主要表现为: 随着人口不断增长, 人们对吃、穿、用等畜产品和草地珍稀经济植物资源的需求越来越大, 这必将给草地生态系统带来日趋沉重的压力, 导致草地资源的过度开发, 从而对草地生态系统造成有

意或无意的破坏。文化教育、科学技术、管理与政策对草地的影响表现在人类通过学习文化知识,提高自身素质,利用先进的科学技术,提高草地生产力,加强草地改良与建设,合理利用和保护草地资源,改善草地生态环境,推进草地生态系统的可持续发展。

3.2 草地生态系统功能

长期以来,草地生态系统功能仅仅被理解为畜产品生产,这是对草地生态系统功能极其粗浅的认识。作为生态系统的重要组成部分,草地生态系统吸收 CO₂、释放 O₂、维持生物多样性、保障食物链、提供动物栖息地、调节小气候等方面的价值是陆地生态系统健康发展的保证,其作用远非第二性生产所能及。

3.3 植被群落动态

草地生态安全的评价是建立在草地生态系统自身运动规律的基础上,因而把握草地植被群落

的动态是开展生态安全评价的基础。

3.4 气候变化及自然灾害

气候变化主要反映在温度和降水上,其评价指标由降雨量、湿度指数、日照指数、生长周期、气温等构成。同时,由气候变化带来的干旱、雪灾、低温灾害等也是不可忽视的因素。

目前全球气候变化的趋势是温室效应加剧、气温升高、降水分布异常、大气臭氧层损坏严重等。人类对草地的利用(开垦、过度放牧等)加速草地土壤碳向大气中的排放,对全球气温的升高产生促进作用,进一步加剧降水的异常分布,使草地的沙漠化趋势增强,典型草地面积不断减少,土地利用格局和环境质量恶化,草地生物多样性减少,从而引发一系列的草地生态安全问题。

3.5 土壤条件

草地与土壤之间有着相互密切的关系。首先土壤是草地植被的立地条件,影响着草地植物的

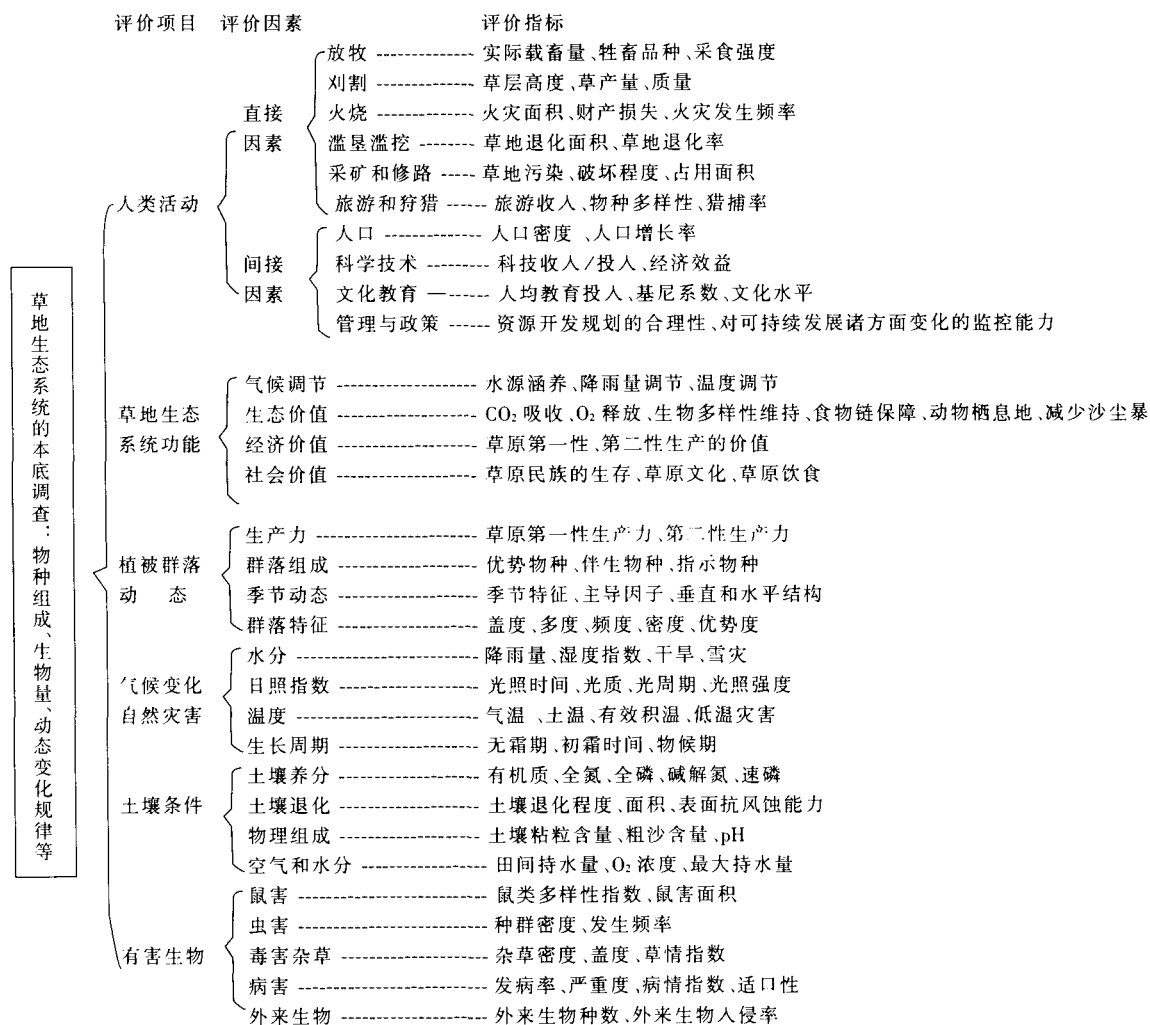


图1 草地生态系统生态安全评价指标体系

Fig.1 The integrated evaluation system of ecological security on pastoral ecosystem

生长发育;其次,草地植物生长繁殖所需要的养分和水分主要来自土壤,而土壤有机质、全氮、全磷等含量的多少,直接影响草地的生产力,间接影响着草地载畜能力;第三,土壤物理组成的不同,影响着草地生态系统的形成与发育;第四,土壤在稳定和缓冲草地环境变化方面起着非常重要的作用。反之,草地植被的生长状况、草地的改良与利用又对土壤状况产生影响。当前我国草地的退化导致了土壤营养贫瘠化、物理性状粗粒化,对草原植被的生长极为不利,植物不能从土壤中吸收到丰富的养分,从而使植株矮化、生产力下降。另一方面,土壤持水保水能力下降,影响了草地的生态环境,导致各种自然灾害的发生,进而加剧草地的荒漠化和沙漠化。

3.6 有害生物

造成我国草地退化、沙化以及生产力下降的重要因素之一是有害生物的侵扰。鼠害、虫害、毒害杂草蔓延以及人工草地的植物病害等造成的经济损失巨大,是草场管理中的突出问题^[23]。草地有害生物包括鼠害、虫害、毒害杂草、病害以及外来入侵生物。有害生物是草地生产的主要限制性因素之一,能使草地衰败退化,缩短草地利用年限,改变草地植被组成,降低草地产量与质量,影响草地生物多样性。毒害杂草及牧草病害能引起采食家畜消化系统功能紊乱,危害家畜健康,降低家畜生产力,从而影响草地生态系统的稳定性与生产力。

4 草地生态安全的计算方法

4.1 指标权重的确定

运用定性与定量综合集成方法确定指标权重,即采用 AHP (Analytical Hierarchy Process) 法,并结合专家经验确定各级指标权重。首先,根据

各层次指标相互隶属关系,构建层次结构模型;其次,请专家对各层次指标进行相对重要性的两两比较、判断,在汇总各专家评判意见后,得到各级指标相对重要性的判断矩阵,输入计算机,采用加权法进行计算,从而得到各指标的权重及生态安全指数等。

4.2 指标数据的无量纲化

由于指标体系中的各个指标具有不同的量纲,无统一的评价标准,没有可比性。因此,必须对指标数据进行量化处理,用标准化方法来解决参数间不可比性的难题。如采用极差标准法将其进行无量纲化^[17]。各指标的计算公式如下:

$$P_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 10 \quad (1)$$

式中, P_i 为赋值, X_i 为第 i 个指标的实际值, X_{\max} 和 X_{\min} 分别为第 i 个指标实际最大值、实际最小值。公式(1)表征的意义是赋值越大,生态安全程度越高。

4.3 生态安全综合评价和判别

采用综合评分法对草地生态安全进行评价,用“生态安全度”来表示生态安全状况。综合评价模型为:

$$P_o = \sum (W_i \times P_i)$$

其中, P_o 为安全指数, W_i 为指标权重, P_i 为赋值。 P_o 越大,表明区域草地生态系统的生态安全度就越高。

通过评价指标体系,得出综合指标,最后划分生态安全级别及其分区,为草地的优化管理和合理利用提供科学的依据,是建立草地生态安全评价指标体系的最终目标^[13]。本研究结合西北生态脆弱区草地生态系统的特点和前人的研究,初步构建了草地生态安全的综合判别指标体系(表1)。

表 1 草地生态系统生态安全的综合性判别体系
Table 1 The standards for pastoral ecological security identification

等级 Level	表征状态 Standards	指标特征 Characters
I	理想状态	草地生态环境基本未受干扰破坏,生态系统结构完善,功能较强,系统恢复再生能力强,生态问题不显著,生态灾害少
II	良好状态	草地生态环境较少受到干扰破坏,生态系统结构尚完整,功能尚好,一般干扰下系统可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大
III	一般状态	草地生态环境受到破坏,生态系统结构发生恶化,但尚有部分维持基本功能,受干扰后易恶化,生态问题显著,生态灾害时有发生
IV	较差状态	草地生态环境受到较大破坏,生态系统结构恶化较大,功能不全,受干扰后恢复困难,生态问题较大,生态灾害较多
V	恶化状态	草地生态环境受到很大破坏,生态系统结构残缺不全,功能低下,发生退化性变化,恢复与重建很困难,生态问题较大,经常发生并演变成生态灾害

5 结语

西北地区草地生态系统的生态安全对于西部大开发战略的实施有着关键性的作用,对于维护西部地区的政治安全、经济安全乃至军事安全,都有着不可估量的价值^[8]。草地生态安全评价指标体系的提出,为遏制日益严重的草地退化,合理利用草地资源,改善草地生态环境,促进草地生态系统的可持续发展提供科学的依据,具有重要的意义。但是,由于当前国内外对草地生态安全的评价尚处在研究初期,而草地生态安全评价是一项系统工程,涉及到诸多方面的因素。因而,该指标体系的提出是对该领域研究的一种探索,需要在未来的实践中不断完善,从而促进我国草地生态安全评价工作深入开展。

参考文献 (References):

- [1] 左伟,王桥,王文杰,等. 区域生态安全评价指标与标准研究[J]. 地理学与国土研究(ZUO Wei, WANG Qiao, WANG Wen-jie, et al. Study on regional ecological security assessment index and standard[J]. Geography and Territorial Research), 2002, 18(1): 67-71.
- [2] 国家环境保护总局. 中国 2003 年环境状况公报[J]. 环境保护(State Environmental Protection Administration of China. 2003 report on the state environment in China[J]. Environmental Protection), 2004, (7): 3-17.
- [3] 刘勇,刘友兆,徐萍. 区域土地资源生态安全评价[J]. 资源科学(LIU Yong, LIU You-zhao, XU Ping. Evaluation on ecological security of regional land resources: a case study of Jiaxing City, Zhejiang Province[J]. Resource Science), 2004, 26(3): 69-75.
- [4] 谢花林,李波. 城市生态安全评价指标体系与评价方法研究[J]. 北京师范大学学报·自然科学版(XIE Hua-lin, LI Bo. A study on indices system and assessment criterion of ecological security for city[J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science), 2004, 40(5): 705-710.
- [5] 赵万羽,李建龙,齐家国,等. 新疆草地生态安全问题、现状与对策分析[J]. 干旱区研究(ZHAO Wan-yu, LI Jian-long, QI Jia-guo, et al. Analysis on the problems and actuality of the steppe ecological security in Xinjiang and solving measures[J]. Arid Zone Research), 2005, 22(1): 45-50.
- [6] 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(XIAO Du-ning, CHEN Wen-bo, GUO Fu-liang. On the basic concepts and contents of ecological security[J]. Chinese Journal of Applied Ecology), 2002, 13(3): 354-358.
- [7] 曲格平. 关注生态安全之一:生态环境问题已经成为国家安全的热门话题[J]. 环境保护(QU Ge-ping. The problems of ecological environment have become a popular subject of country safety[J]. Environmental Protection), 2002, (5): 3-5.
- [8] 郭中伟. 建设国家生态安全预警系统与维护体系--面对严重的生态危机的对策[J]. 科技导报(GUO Zhong-wei. To build the early warning and maintaining system of national ecological security[J]. Science and Technology Review), 2001, (1): 54-56.
- [9] 杨京平. 生态安全的系统分析[M]. 北京:化学工业出版社(YANG Jing-ping. System analyses of ecological security [M]. Beijing: Chemical Industry Press), 2002, 30.
- [10] 黄青,任志远. 论生态承载力与生态安全[J]. 干旱区资源与环境(HUANG Qing, REN Zhi-yuan. Ecological carrying capacity and ecological security[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment), 2004, 18(2): 11-17.
- [11] 余谋昌. 论生态安全的概念及其主要特点[J]. 清华大学学报·哲学社会科学版(YU Mou-chang. About the concept of ecological security and its main characteristics[J]. Journal of Tsinghua University: Philosophy and Social Science), 2004, 19(2): 29-35.
- [12] 白卫国,李增元. 中国西部草地生态系统可持续发展多尺度评价指标体系建立的研究[J]. 中国草地(BAI Wei-guo, LI Zeng-yuan. Multi-scale assessment indices research on grassland ecosystem sustainable development in Western China [J]. Grassland China), 2004, 26(5): 43-48.
- [13] 王丽霞,任志远. 黄土高原边缘地区生态安全评价与分析--以山西省大同市为例[J]. 干旱区研究(WANG Li-xia, REN Zhi-yuan. Assessment and analysis on the ecological security in the marginal zone of the Loess Plateau[J]. Arid Zone Research), 2005, 22(2): 251-255.
- [14] BERTOLLO P. Assessing landscape health: A case study from northeastern Italy[J]. Environmental Management, 2001, 27(3): 349-365.
- [15] 李晓燕,张树文. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析[J]. 干旱区研究(LI Xiao-yan, ZHANG Shu-wen. Analysis on the dynamic trend of ecological security in the west part of Jilin province, China based on the landscape structure [J]. Arid Zone Research), 2005, 22(1): 57-62.
- [16] 杜巧玲,许学工,刘文政. 黑河中游绿洲生态安全评价[J]. 生态学报(DU Qiao-ling, XU Xue-gong, LIU Wen-zheng. Ecological security assessment for the oases in the middle and lower Heiher River[J]. Acta Ecologica Sinica), 2004, 24(9): 1916-1923.
- [17] 胡宝清,廖赤眉,严志强,等. 广西都安瑶族自治县农业可持续发展的生态安全评价[J]. 农村生态环境(HU Bao-qing, LIAO Chi-mei, YAN Zhi-qiang, et al. Evaluation on eco-security of county level agricultural sustainable development in rocky mountain areas of Guangxi-a case study of Du'an Yao Autonomous County[J]. Rural Eco-Environ), 2003, 19(2): 16-19, 23.
- [18] KANG M Y, LIU S, HUANG X X, et al. Evaluation of an ecological security model in Zhazute Banner, Inner Mongolia[J]. Mountain Research Development, 2005, 25(1): 60-67.
- [19] 黎晓亚,马克明,傅伯杰,等. 区域生态安全格局:设计原则与方法[J]. 生态学报(LI Xiao-ya, MA Ke-ming, FU Bo-jie, et al. The regional pattern for ecological security (RPES): designing principles and method[J]. Acta Ecologica Sinica), 2004, 24(5): 1055-1062.
- [20] ZUO W, ZHOU H Z, ZHU X H, et al. Integrated evaluation of ecological security at different scales using remote sensing: A case study of Zhongxian County, the Three Gorges area, China [J]. Pedosphere, 2005, 15(4): 456-464.
- [21] 邓波,洪维曾,高洪文. 试述草原地区可持续发展的生态承载力评价体系[J]. 草业学报(DENG Bo, HONG Fu-zeng, GAO Hong-wen. Commentary on the ecological carrying capacity appraisal system in assessing sustainable development of grassland regions[J]. Acta Prataculturae Sinica), 2004, 13(1): 1-8.
- [22] 刘正恩,葛剑平. 北方农牧交错带生态恢复与重建的原则及对策[J]. 干旱区研究(LIU Zheng-en, GE Jian-ping. Principles and measures for restoring and regenerating the ecology in the argo-pastoral ecotones in North China[J]. Arid Zone Research), 2004, 21(3): 299-303.
- [23] 施大钊,杨爱莲. 完善有害生物预警系统,促进草地持续发展[J]. 草地学报(SHI Da-zhao, YANG Ai-lian. Perfect harmful biological early warning system promoting grass for sustained development[J]. Acta Agrestia Sinica), 2002, 10(4): 313-318.