

陕西榆林市草地生态安全评价

俞靓^{1,2}, 李军保^{1,2}, 李联队¹, 高娅妮¹, 雷秀云¹, 孙瑞鑫¹, 谢治国^{1*}

(1. 陕西省林业科学院, 陕西 西安 710082; 2. 黄土高原水土保持与生态修复国家林业和草原局重点实验室, 陕西 西安 710082)

摘要:【目的】对农牧交错区草地生态安全进行量化研究, 为该区域构建草地保护新格局和实现可持续发展提供科学依据。【方法】以榆林市草地资源为研究对象, 以PSR (Pressure—State—Response) 模型为基础, 从自然、经济和社会等方面选取12个草地生态系统评价指标, 构建榆林市草地生态安全评价模型, 采用熵权法确定各指标权重, 对该市2019年的草地生态安全进行评价, 并对12个县(区)草地资源进行生态安全等级确定, 最终提出相应对策和建议。【结果】榆林市各县(区)草地生态安全多处于临界安全状态, 全市平均生态安全指数为0.4358, 生态安全状态为临界安全。【结论】草地生态安全保护治理措施是榆林市各县(区)草地生态安全状态产生差异的主要影响因素, 建议采用社会经济和生态保护协调发展的模式, 开展分区域生态调控, 实行“一区一策”。

关键词: 草地资源; 生态安全; PSR模型

中图分类号: S812.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2023)02-0092-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2023.02.011



草地被誉为“地球皮肤”, 承载着独特的生态、经济和文化功能^[1], 在我国生态文明建设和社会经济发展大局中具有重要战略地位^[2]。近年来, 气候变化和人类活动导致草地生态系统结构和功能退化加剧, 直接影响到所处区域的生态安全^[3], 因此, 加强草地生态安全评价的研究^[4], 对有效保障草地生态服务功能的稳定, 维护草地生态系统的稳定和区域生态安全格局建设有着重要意义^[5]。

目前, 针对草原生态安全评价, 国内外研究者开展了大量研究^[5]。国外多从草地自身的自然属性着手, 主要集中在草地健康评价^[6], 多采用 Pellant 等^[7]提出的评价方法, 但没有对草地生态安全的概念提出确切的解释。我国的草原生态安全研究以 IIRH (Inter-

preting Indicators of Rangeland Health) 法为基础或以 PSR (Pressure-State-Response) 概念模型为主^[5], 并采用了多种评价方法, 但现有的研究多将研究区选择在集中连片的草原牧区, 而较少对农牧交错区的零星不集中草地进行评价^[6]。

榆林市地处陕西省最北部, 秦汉时期曾是“沃野千里, 仓稼殷富, 水草丰美, 群羊塞道”^[8], 目前也是陕西省传统畜牧业与新型现代畜牧业发展的主要基地, 该区的草食家畜饲养量占据陕西省一半以上^[6]。近年来, 随着榆林地区经济建设的发展, 人们对石油、煤炭和天然气等自然资源的大量开采严重危及了该区域生态系统的安全^[9]。同时, 有些封山禁牧区百姓的放牧需求逐年增长, 如何科学处理保护和利用之间的关系成为草地生态恢复的又一挑战。

因此, 本研究选用国内外常用的生态评价模型 PSR 模型^[10-14], 从环境压力、生态问题和社会因素等观点出发^[14-15], 科学构建草原生态安全评价体系, 对影响研究区草地生态安全的重要指标进行定量核算, 以数量化模型表征研究区的草地生态安全现状, 以期为该区域构建草地保护新格局和实现可持续发展提

收稿日期: 2021-12-09; 修回日期: 2022-03-29

基金项目: 陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目(2022ND0415); 陕西省重点研发计划一般项目(2022SF-398)

作者简介: 俞靓(1982-), 女, 博士研究生, 主要方向为植被生态学。E-mail: yujing82-2008@163.com

*通信作者。E-mail: xzguo321@163.com

供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

榆林市位于陕西省北部的农牧交错带(N 36°57′~39°34′、E 107°28′~115°11′),是黄土高原的中心腹地,包括榆阳区、府谷县、神木市、吴堡县、绥德县、米脂县、子洲县、清涧县、横山区、靖边县、定边县及佳县 12 个县(区),也是我国湿润季风区和内陆干旱区的过渡区,从东南部到西北部,地貌类型由黄土梁峁过渡到黄土梁岗再到沙漠滩地,植被由森林草原过渡到干草原再到荒漠草原,土壤类型主要为黄土和风沙土。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源 以榆林市 12 个县(区)为研究对象,统计数据来自《2020 年榆林市统计年鉴》;气象数据下载自中国气象科学数据网。

1.2.2 P-S-R 模型构建 影响榆林市草地生态安全的因子复杂而多样,结合榆林地区独特的自然地理特征和草地资源情况,并参考一些符合该研究区的基础模型^[6],遵循科学性、系统性、代表性、针对性、实用性等原则^[16-17],运用 P-S-R 评价模型,从压力、状态和响应 3 个方面选择 12 个代表性评价指标,构建了榆林地区草地生态安全评价体系(表 1)。压力指标反映人类活动对草地生态安全造成的压力状况,例如城镇转化率与草地分布存在竞争关系,人口自然增长率和人均草地面积反映了人口对草地造成的压力状况,牲畜量会引起天然草地资源利用的变化,牧业占比一定程度上影响着草地的质量和数量;状态指标是指生态环境对人类活动作出反应的变化,例如反映草地状况最直接的指标对其生态系统功能具有决定性的作用;响应是人类对环境问题采取的相关措施,例如土壤保持、水源涵养;水利环境和公共设施管理投资代表草地投入和建设的能力和潜力。

1.2.3 指标权重的确定 权重的确定在生态安全评价过程中至关重要,常用指标权重的确定方法有层次分析法、主成分分析法、熵权法等,不同确定方法的侧

表 1 榆林市草地生态安全评价体系

Table 1 Assessment for grassland ecological security identification in Yulin city

目标层	准则层	指标层	正负性
草地生态安全评价	压力层	城镇转化率	-
		人口自然增长率	-
		人均草地面积	-
		牲畜量	-
	状态层	牧业占比	-
		干旱指数	-
		草地面积占比	+
		草地覆盖率	+
	响应层	物种丰富度	+
		生物量	+
		水利环境和公共设施管理投资	+
		人工牧草地面积	+

重点不一,本研究采用熵权法确定各评价指标的权重。熵权法是一种客观的赋权法,能够立足数据本身反映的信息,在消除主观随意性的基础上计算出各指标的权重大小。依照熵权法的原理和步骤^[18-19],利用 Matlab 软件计算指标权重^[6,20]。指标对生态安全评价的结果有促进作用的即为正向指标,值越大越利于生态安全;反之则为负向指标,值越小越不利于生态安全。熵权法确权的基本步骤如下:

(1)选取 n 个样本, m 个指标,则 x_{ij} 为第 i 个样本的第 j 个指标的数值($i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,m$);

(2)指标的归一化处理:不同的指标往往具有不同的属性、数量级和单位,用统一的转化方式进行处理,使这些指标处于同一量级。对于正向指标来说,数值越高越好;对于负向指标来说,数值越低越好。其具体方法如下:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}}{\max \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}} \quad (x_{ij} \text{ 为正向指标})$$

$$y_{ij} = \frac{\max \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - x_{ij}}{\max \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}} \quad (x_{ij} \text{ 为负向指标})$$

式中, x_{ij} 表示原始数据, y_{ij} 表示标准化处理后的值。

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^m y_{ij}} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$$

(3) 计算第 j 项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}), \quad \text{其中 } k = 1/\ln(n) > 0, \text{ 满足 } e_j \geq 0$$

足 $e_j \geq 0$

(4) 计算指标权重:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)}$$

1.2.4 生态安全指数的计算 按照熵权法确定的权重, 运用综合指数法, 计算压力、状态、响应 3 个准则层各指标标准化数据与指标权重的乘积之和, 最终得到

准则层生态安全指数 E_j , 计算公式如下:

$$E_j = \sum_{i=1}^m \omega_j p_{ij}$$

目标层生态安全综合指数是判断研究区域草地生态安全的重要依据, 计算准则层生态安全指数与三个准则层指标权重的乘积之和, 最终得到目标层生态安全指数 ESI , 计算公式如下:

$$ESI = \sum_{j=1}^m E_j \omega_j$$

1.2.5 生态安全等级划分 判断草地资源生态安全状态是否适宜, 可以通过生态安全指数对其进行等级评价, 但目前尚未有确切的等级划分方法^[20]。本研究从榆林地区草地资源的实际情况出发, 结合本地区已有的草地生态安全等级划分的成果^[6], 将研究区的草地生态安全等级进行相应的特征描述(表 2)。

表 2 榆林地区草地生态安全等级划分

Table 2 Classification for grassland ecological security identification in Yulin city

生态安全指数	等级	状态	特征
$0.75 < ESI \leq 1$	I	理想安全	草地生态环境未受干扰或破坏, 草地植被覆盖度极高, 生态系统结构较稳定且完整, 生态环境问题和生态灾害少, 生态修复能力好
$0.55 < ESI \leq 0.75$	II	安全	草地生态环境受较少干扰或破坏, 草地植被覆盖度较高, 生态系统结构尚稳定且完整, 生态环境问题和生态灾害不明显, 生态修复能力较好
$0.45 < ESI \leq 0.55$	III	临界安全	草地生态环境受到一定干扰或破坏, 草地植被覆盖度中等, 生态系统结构稳定性和完整性一般, 局部地区生态环境问题和生态灾害发生
$0.35 < ESI \leq 0.45$	IV	不安全	草地生态环境受到较大干扰或破坏, 草地植被覆盖度较差, 生态系统结构不稳定, 功能性较差, 生态灾害和环境问题较多, 生态修复能力较差
$0 < ESI \leq 0.35$	V	极不安全	草地生态环境受到极大干扰或破坏, 草地植被覆盖度极低, 生态系统结构不稳定且不完整, 生态修复难度较大, 生态环境问题频发, 生态灾害多发

2 结果与分析

2.1 草地生态安全指标权重的确定

基于 2019 年榆林市 12 个县(区)的 12 个草地生态安全评价指标, 采用熵权法计算出各评价指标的权重值(表 3)。准则层的权重排名为响应层 > 状态层 > 压力层, 从保持草地生态安全长久稳定的角度上表明, 草地生态安全保护治理措施的影响较为明显。在压力层中, 权重排名为人口自然增长率 > 城镇转化率 > 牲畜量 > 牧业占比 > 人均草地面积, 说明人口自然增长率对草地生态安全的影响较大; 其次, 状态层中选择均为直接影响草地生长状况的自然状态指标, 草地面积占比 > 物种丰富度 > 草地覆盖率 > 干旱指数 > 生物量; 响应层中, 人工牧草地面积 > 水利环境和公

共设施管投资, 说明治理保护措施所产生的可持续生态效益比短时间内的直接经济投入产生的回报更为明显。

2.2 各子系统的草地生态安全评价

依据综合指数法计算得出 3 个准则层的生态安全指数(图 1), 在压力系统中, 榆林市 12 个县(区)的压力指数为 0.046 4~0.311 3, 其中吴堡县压力指数最高, 而榆阳区压力指数最低。从具体指标分析来看, 与草地分布密切相关的牲畜量、牧业占比是影响草地生态安全的重要因素。吴堡县占区域土地总面积的比重不大, 以特色农产品种植为主, 人口自然增长率处于较低水平, 人均草地面积较小, 草地资源生态压力较小。榆阳区土地总面积较大, 集约型城镇化发展模式导致城镇化进程较快、人口稠密, 造成草地资源生态

表 3 榆林市草地生态安全指标权重分析表

Table 3 Weight for grassland ecological security identification in Yulin city

准则层		指标层	权重
名称	综合权重		
压力层	0.321 4	城镇转化率	0.058 6
		人口自然增长率	0.102 3
		人均草地面积	0.051 8
		牲畜量	0.055 2
		牧业占比	0.053 6
		干旱指数	0.042 2
状态层	0.329 2	草地面积占比	0.112 3
		草地覆盖率	0.062 3
		物种丰富度	0.073 0
		生物量	0.039 3
		水利环境和公共设施管理投资	0.154 3
响应层	0.349 4	投资	0.154 3
		人工牧草地面积	0.195 1

安全压力较大。

在状态系统中,选取的均为自然状态指标,安全指数为 0.052 2~0.282 3,可在一定程度上反映榆林市 12 个县(区)草地生长状况。清涧县为状态指数最高的区域,多项状态指标显示该地区草地生长状态较好,草地资源生态安全处于较高水平,有利于其草地生态系统的稳定发展。定边县是重要的畜牧业基地,草地受干扰和破坏程度较高,且干旱指数较高,与其他区域相差较大,草地生长状态较差,导致草地资源生态安全处于较低水平。

在响应系统中,对草地建设的投入越高,人工草地面积越大,对其生态系统的积极影响越多。因此,指标选取与草地生态安全保护投入的相关因子响应指数为 0.012 3~0.348 0。神木市是国家级能源化工基地的核心区,经济实力较强,人均 GDP 在省内排第 1 位,对水利环境和公共设施管理投入远远大于其他区域,响应指数优势明显。而佳县是以农业为主的县域,经济实力较弱,对生态环境保护资金投入少,所以响应指数最低。

2.3 草地生态安全综合评价

基于 2019 年榆林市各县(区)的指标数据进行量化计算;并结合榆林市草地资源生态安全等级划分,对 12 个县(区)进行生态安全状态差异对比(图 2)。

1)草地生态安全区:神木市地域广阔,人口自然

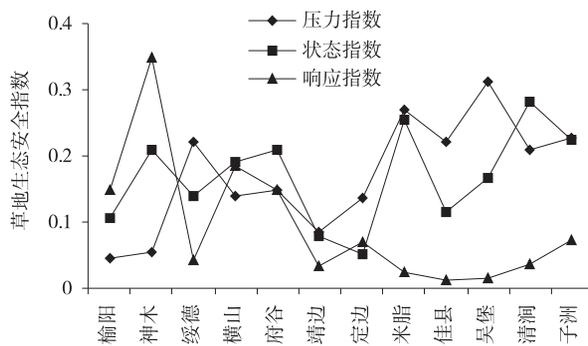


图 1 榆林市草地生态安全指数

Fig. 1 Ecological security of grassland identification in Yulin city

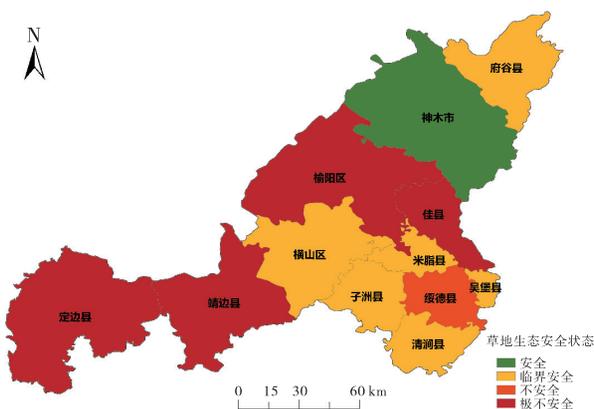


图 2 榆林市草地生态安全状态

Fig. 2 Ecological security state of grasslands in Yulin city

增长率和城镇化率均相对较高,且人均草地面积居首位,草地生态环境基础良好;矿产资源丰富,经济发展水平较高,人均 GDP 居于全省第 1,与其他县的差距较大;对生态环境保护力度大,在水利环境和公共设施管理投入中跃居第 1 位,所以神木市草地生态安全等级状况最优。

2)草地生态临界安全区:包括米脂、清涧、子洲、横山、府谷和吴堡 6 个县。米脂县草地生态安全等级处于临界安全状态,作为小杂粮主产区,对土地的依赖较大,对草地的干扰和破坏程度就较大,但其气候生态环境适宜草地的生存发展,草地覆盖率和生物量较高,所以对草地生态安全产生了正向影响。

清涧县和子洲县地理环境基本相同,土地和水能资源丰富,草地生态环境基础良好,草地覆盖率高,适宜草地生态系统的稳定发展。但清涧县矿产资源相对贫乏,经济相对落后,对草地生态安全的正向发展产生了更多阻力。子洲县地下资源丰富,水利环境和公共设施管理投资力度等正向指标的数值却远远小

于经济强县,导致其草地生态安全等级仅处于临界安全状态。

横山区农业生产条件优越,县域草地的生态环境质量好,但“横山羊肉”发展的高速度与高效益,影响了草场的保护和合理性利用,造成草场破坏程度相对来说较强。而对社会响应的投资主要是建植人工牧草地,导致人均草地面积位居全市第三,草地生态安全等级处于临界安全状态。

府谷县自然资源富集,县域经济综合竞争力强,草地面积占比居全市榜首,且在整个指标体系中权重很高,导致草地生态安全指数正向发展。但城镇化特征明显,资源消耗加剧自然环境的压力,草地整体生态安全水平有所下降,使草地生态安全等级处于临界安全状态。

吴堡县以农产品种植为主导产业,牲畜存栏量和牧业占比都是全市最低,牧业发展的滞后使得草地生态保护压力减小,为草地生态保护和建设提供足够的发展空间,加上自身草地生存环境较好,会明显促进草地的生长态势。

3) 草地生态不安全区:绥德县作为传统的农业强县,农用地相对较多,草地面积占比低,影响了草地生态安全指数的正向发展。城镇化进程较慢,但县域经济发展快,区位枢纽、工业发展对自然环境的威胁更大,这些都是导致其草地生态安全等级处于不安全状态的根本原因。

4) 草地生态极不安全区:包括佳县、榆阳、靖边和定边4个县(区)。佳县草地生态安全等级属于极不安全状态,其原因在于:佳县是以农业为主的纯山区,草地面积占比低,且财政收入较低,投入力度不大。同时,特殊的气候条件,使草地生态环境的基础较差,草地覆盖率较低,导致其草地生态安全等级较低。

榆阳区地处榆林市区范围,人口增长率和城镇化率都相对较高,其资源的消耗加剧了自然环境的压力,阻碍了草地生态安全的正向发展。同时,榆阳区是特色养殖业的优势产区,牲畜存栏量和牧业占比都是全市最高,牧业发展的速度与效益会导致草地过渡放牧,所以榆阳区的草地生态安全属于极不安全等级。

定边县和靖边县情况相同,均属于极不安全等级的县域,两县均位于白于山区,是陕西生态环境最脆弱的区域,自然环境的威胁较大,导致草地覆盖率较低,物种丰富度差,一定程度上影响了草地植被的生

长。靖边县人口自然增长率处于全市第一位,人口增长对城镇的压力增大,资源消耗加剧了自然环境的压力,水利环境和公共设施管理投资力度不大,导致治理速度赶不上自然恶化速度。定边县追求牧业发展的速度与效益,忽略对草地生态的治理力度,且草地赖以生存的生态环境达不到健康水平,造成了经济建设与生态安全保护之间的失衡。

3 讨论

榆林市草地生态安全属于临界安全状态,整体特征为:草地生态环境受到一定干扰或破坏,生态系统结构稳定性和完整性一般,地区生态环境问题和生态灾害有局部发生风险。究其原因,榆林市地处农牧交错带,生态环境十分脆弱,抵御自然灾害的能力较低^[21],使得该区域内草地利用稳定性差,随着国家退耕还林还草等生态保护和修复工程的实施,促使原本脆弱的草原生态系统得到了一定程度的恢复^[22]。但由于生态环境的基础较差,且人类活动干扰强度较大,对于草地生态安全建设和保护力度还远远不够。因此,应当按照“一区一策”原则依托现有生态保护与建设工程,以生态修复为契机,采用社会经济和生态环境协调发展的调控模式,建立具有区域特色的农牧业综合经济区^[23];依据区域的生态承载力,合理布局草地的开发和利用,改善区域草地生态安全状况,稳步推进草地生态恢复。

1) 草地生态安全区:神木市应提倡生态安全优先理论,以草地生态安全为前提,建立适合该区域自然、经济、社会协调发展和区域生态安全保护机制,实现区域的可持续发展。

2) 草地生态临界安全区:米脂县应以保证农民的经济利益为前提,处理好草地与耕地的关系,促进草地的自然生态修复。清涧县和子洲县应尊重草地生态自然规律,严格执行生态环境保护的各项政策和规定,维护区域草地生态安全。横山区应发展新型畜牧业方式,将种植与养殖有机结合,保护天然草地,合理开发人工牧草地,保持草地生态安全平衡。府谷县应加强生态环境保护的监督,合理规划城市、工农业的用地,保障区域生态安全健康发展。吴堡县应合理布局农牧产业结构,推动草地生态安全可持续发展。

3) 草地生态不安全区:绥德县应正确引导各类用地与草地之间的转换,在经济建设的同时,把生态放在

可持续发展的第1位,有效改善区域草地生态安全。

4)草地生态极不安全区:佳县生态本底较差,应实施适宜的生态恢复工程,加强草地保护力度,促进草地生态系统良性发展。榆阳区应遵循以草定畜原则发展生态畜牧业,引导草业与畜牧业相结合,推进牧草业的发展,促使草地生态系统恢复。靖边县和定边县应从源头治理,改变不合理的利用方式,因地制宜的将硬性措施和软性意识相结合,遏制其进一步退化。

综上所述,榆林市各县(区)自然生境状态、草地资源分布、社会经济发展水平和对生态保护的投入力度各不相同,导致各县(区)草地生态安全状态存在一定程度的差异,其中草地生态安全保护治理措施是主要影响因素,但与已有研究结果不一致^[6]。基于PSR模型的草地生态安全评价是根据草地的评价需要,从草地生态、经济和社会功能中选择指标,但由于研究者的知识结构、研究目的、研究尺度等方面的差异,造成生态安全的理解、指标体系的选择、指标权重的分配有差异,进而导致草原生态安全评价研究结果的不同,难以进行结果比对^[5]。本研究选取的评价指标主要侧重于影响草地生长状况的自然状态、经济发展等特征;且指标权重的确定方法侧重点不一,本研究仅采用熵权法确定各评价指标的权重。后续可进一步调整评价指标,重点选取影响草地生长发展的自然气候、土壤条件、微生物作用等,增加对草地生态安全的时空变化研究,并选用层次分析法和熵权法相结合的主客观综合赋权法来确定指标权重。

4 结论

(1)研究区草地生态安全评价中,响应层权重占比较大,响应层指标对研究区的生态安全评价结果影响较大,响应层的指标均为草地生态安全保护投入的相关因子,因此,从保持草地生态安全长久稳定的角度上来看,草地生态保护治理措施是各县(区)草地生态安全状态产生差异的主要影响因素。

(2)2019年,研究区整体草地生态安全状态为临界安全,其中:神木市草地生态安全等级状况最优,是唯一的“草地生态安全区”;米脂、清涧、子洲、横山、府谷和吴堡6个县为“草地生态临界安全区”;绥德县属于“草地生态不安全区”;定边、靖边、榆阳和佳县则为“草地生态极不安全区”。

(3)研究区草地生态安全调控对策和建议应根据各个区域的生态特征和生态承载力大小,遵循生态安全优先理论,以草地生态安全为前提,结合不同的政策和技术来推进其草地生态安全建设,从而与其自然状况、农牧业现状以及社会经济发展现状相适应,使生态保护起到了时效性和长久性的明显作用。

参考文献:

- [1] Lv Y H, Fu B J, Feng X M. A policy-driven large scale ecological restoration: quantifying ecosystem services changes in the Loess Plateau of China[J]. Plos One, 2012, 7(2):e31782.
- [2] Jing Z B, Cheng J M, Su J S, *et al.* Changes in plant community composition and soil properties under 3-decade grazing exclusion in semiarid grassland[J]. Ecological Engineering, 2014, 64: 171-178.
- [3] Liang Y, Han G D, Zhou H, *et al.* Grazing intensity on vegetation dynamics of a typical steppe in northeast Inner Mongolia[J]. Rangeland Ecology, 2009, 64(4): 328-336.
- [4] 李新一,尹晓飞,周晓丽,等. 贯彻以人为本思想,促进农牧民补助政策创新和实施绩效[J]. 草原与草坪, 2022, 42(4): 114-122.
- [5] 闫宝龙,吕世杰,赵萌莉,等. 草原生态安全评价方法研究进展[J]. 中国草地学报, 2019, 41(5): 164-171.
- [6] 金岚. 陕北农牧交错带草地生态安全评价[D]. 西安:长安大学, 2019.
- [7] Pellant M, Shaver P, Pyke D. Interpreting Indicators of Rangeland Health[M]. (Version 4) Colorado: Division of Science Integration Branch of Publishing Services, 2005.
- [8] 徐伟洲,卜耀军,刘翠英,等. 榆林市牧草产业发展现状分析与对策探讨[J]. 价值工程, 2017, 36(14): 222-223.
- [9] 厉方桢. 草地生物量格网化研究[D]. 南昌:江西农业大学, 2019.
- [10] 董世魁,吴娱,刘世梁,等. 阿尔金山国家级自然保护区草地生态安全评价[J]. 价值工程, 2017, 36(14): 222-223.
- [11] 白跃华,魏绍成. 草地资源评价方法与综合评价程序[J]. 中国草地, 2001, 23(2): 62-66.
- [12] 王鹏,王亚娟,刘小鹏,等. 基于PSR模型的青铜峡市土地生态安全评价与预测[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 148-153.
- [13] 谢玲,严土强,高一薄. 基于PSR模型的广西石漠化地区土地生态安全动态评价[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 315-321.

- [14] 赵鹏,薛慧敏. 基于PSR模型的能源—生态复合区生态安全预警研究—以山西省忻州市为例[J]. 水土保持通报,2020,40(2):285—290.
- [15] 周介元,孟丽红,吴绍雄,等. 浙江省生态安全格局时空演变特征及其影响因素[J]. 水土保持通报,2020,40(6):266—272.
- [16] 金樑,高亚敏,崔光欣,等. 西北地区草地生态系统生态安全评价初探[J]. 生命科学研究,2016,10(3):200—205.
- [17] 高军靖. 呼伦贝尔草原生态安全评价研究[D]. 北京:中国环境科学研究院,2013.
- [18] 侯成成,赵雪雁,张丽,等. 基于熵组合权重属性识别模型的草原生态安全评价—以甘南黄河水源补给区为例[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(8):44—51.
- [19] 贾艳红,赵军,南忠仁,等. 熵权法在草原生态安全评价研究中的应用—以甘肃牧区为例[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(1):17—21.
- [20] 刘依川,陈志彤,陈松林,等. 福建省草地资源生态安全评价[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2019,48(4):510—516.
- [21] 杜华明,延军平,王鹏涛. 北方农牧交错带干旱灾害及其对暖干气候的响应[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(1):124—128.
- [22] 张保利,邓彦,葛鸿. 陕西省草原生态现状及保护工程[J]. 农业与技术,2013,33(7):14—15.
- [23] 史娜娜,肖能文,王琦,等. 锡林郭勒盟生态安全评价及生态调控途径[J]. 农业工程学报,2019,35(18):228—236.

Evaluation of grassland ecological security in Yulin City, Shanxi Province

YU Jing^{1,2}, LI Jun-bao^{1,2}, LI Lian-dui¹, GAO Ya-ni¹, LEI Xiu-yun¹, SUN Rui-xin¹,
XIE Zhi-guo^{1*}

(1. Shaanxi Academy of Forestry, Xi'an, 710082; 2. Key Laboratory of State Forestry Administration on Soil and Water Conservation & Ecological Restoration of loess plateau, Xi'an 710082, China)

Abstract: **[Objective]** The quantitative study of grassland ecological security in farming-pastoral zone provides a scientific basis for constructing a new strategy for grassland protection and achieving sustainable development in the region. **[Method]** The grassland resources in Yulin City were selected as the research objects. Based on the Pressure-State-Response (PSR) model, 12 evaluation indexes of grassland ecosystem were selected from natural, economic and social aspects to construct the evaluation model of grassland ecological security in Yulin City. The weight of each index was determined by the entropy weight method to evaluate the grassland ecological security in 2019. The ecological security level of grassland resources in 12 counties (districts) was evaluated, and the corresponding counter measures and suggestions were put forward. **[Result]** The results showed that the grassland ecological security of the counties (districts) in Yulin City was mostly in a critical safety state and the average ecological security index of the whole city was 0.435 8 which was critical the ecological security state. **[Conclusion]** Grassland ecological security protection and governance measures are the main influencing factors of differences in grassland ecological security status among counties (districts) in Yulin City. It is recommended to adopt a coordinated development model of socio-economic and ecological protection, carry out regional ecological regulation, and implement the "one area, one policy".

Key words: grassland resources; ecological security; PSR model