



DOI: 10.20103/j.stxb.202211223380

高璇, 刘焱序, 张勇, 赵文武. 基于文献计量的草地生态补偿效益与影响因素研究进展. 生态学报, 2023, 43(23): 9994-10005.

基于文献计量的草地生态补偿效益与影响因素研究进展

高璇^{1,2}, 刘焱序^{1,2}, 张勇³, 赵文武^{1,2,*}

1 北京师范大学地理科学学部 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

2 北京师范大学地理科学学部 陆地表层系统科学与可持续发展研究院, 北京 100875

3 山东省国土空间规划院, 济南 250014

摘要: 草地生态补偿致力于保护草地生态系统服务数量和质量, 同时提高畜牧业的经济可行性, 是实现草地生态系统可持续管理的重要政策之一。梳理世界范围内草地生态补偿研究, 综述生态补偿是否解决草地生态系统已有问题以及归纳其影响因素, 对探寻未来草地生态补偿的发展方向具有重要意义。以草地生态补偿为主题, 利用 Web of Science 数据库收集了 2007 年至 2022 年共 69 个案例, 已有研究以公共产品、生态系统服务价值和社会生态系统 3 个理论为基础, 重点关注草地补偿的生态效益、社会经济效益和影响因素, 发文量占比分别为 34.78%、17.39%、43.48%。主要结果如下: 草地生态补偿的生态效益以恢复草地面积与质量、保护物种多样性和提升草地多种生态系统服务为主; 社会经济效益重点包括增加牧户经济收入和改善以传统畜牧业为主的生计结构; 影响因素以牧民主观认知、牧户客观条件、牧区生态环境、社会政策背景及补偿支付方式为主。建议未来草地生态补偿研究可从不同类型生态系统服务效益间的权衡、牧民为重要利益相关者行为的影响、生态目标和牧民需求导向的支付方式多样性 3 个方面重点探索。

关键词: 草地生态补偿; 生态系统服务付费; 生态系统服务价值; 生态效益; 社会经济效益

草地覆盖了大约三分之一的陆地表面, 供养着地球上近三分之一的人口, 并提供多种生态系统服务^[1-2]。作为集生产-生活-生态为一体的复合生态系统, 草地不仅蕴藏着丰富的生物物种资源, 也是农牧民生活生产的主要载体, 对维持自然生态系统平衡、保护生态安全屏障发挥着重要作用^[3]。然而, 气候干旱、降雨减少等全球气候变化和超载过牧、乱采滥挖、开垦农业和造林等人类不合理开发利用严重威胁着草地生态系统^[4-5]。如北美大平原失去了一半以上的原始草地, 并且每年以 2% 的速度持续减少^[6]; 南美热带草原被大片农田侵占, 在过去 50 年中, 其损失速度已经超过了亚马逊森林^[7]。日趋发展的生态恢复行动也对草地产生破坏性影响, 如联合国生态系统恢复十年的行动倡议计划在 2023 年前将近 100 万平方公里的非洲草地进行植树造林, 其重点更多放在森林上, 忽视了保护草地价值^[8-9]。草地面积的迅速丧失不仅导致草地生态系统生物多样性降低, 生态服务功能不断退化, 还影响畜牧业的发展, 降低农牧民的生产、生活条件, 并进一步引发各种自然灾害, 严重威胁社会稳定、经济发展以及生态安全^[10-12]。

为恢复、改善草地生态系统, 生态补偿成为草地可持续管理的重要途径^[13]。作为自然资源的重要管理方式, 生态补偿倡导利用经济手段解决生态环境保护与社会经济发展矛盾^[14-15], 将非市场价值转化为对提供生

基金项目: 第三次新疆科学考察项目(2022xjkk0405); 山东省国土空间规划院“自然资源资产代理试点”项目; 地表过程与资源生态国家重点实验室自主课题项目(2022-ZD-08)

收稿日期: 2022-11-22; 网络出版日期: 2023-08-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoww@bnu.edu.cn

态系统或环境服务提供者的经济激励,使原本可能是积极正向或消极负向的外部性内部化。草地生态补偿以经济补偿为核心、以禁牧和草畜平衡为行政控制手段,经济补偿为核心,发展可持续畜牧业,从而实现草地生态系统保护管理^[16]。草、牲畜和牧民是草地管理中 3 个相互关联的组成部分,通过约束和规范牧民行为来加强草原管理,实现“人”“畜”和“草”的内在动态平衡,达到保护和恢复天然草原、遏制和治理草原退化、繁荣牧区经济^[17]。草地生态补偿项目最早实施于 20 世纪末,发展相对滞后于森林、河流、农田、湿地补偿等^[13]。随着近十几年草地生态补偿项目开展,深入研究草地生态补偿效益以关注草地生态系统是否解决已有问题,以及分析其影响因素,对探寻未来草地补偿的发展方向具有重要现实意义。

目前,草地生态补偿仍然处在探索和尝试阶段,现有的全球生态补偿或生态系统服务付费的综述研究多关注于其他生态系统类型,对草地生态补偿聚焦不足^[18-19]。因此有必要系统梳理草地生态补偿研究的相关国际文献,为国家生态文明建设和牧区高质量发展提供参考。本文从以下 3 个方面系统梳理草地生态补偿的研究进展:(1)草地生态补偿实施产生的生态效益和社会经济效益;(2)草地生态补偿实施效果的影响因素;(3)展望草地生态补偿研究的重点方向。

1 文献统计

1.1 文献筛选

本文利用 Web of Science (WOS) 数据库核心合集,通过标题、摘要和关键词中结合布尔运算符进行检索,为: (“payment * for ecosystem service *” OR “payment for environmental service *” OR “eco * compensation”) AND (“grassland *” OR “rangeland *” OR “meadow *” OR “pasture”), 时间跨度为系统默认区间 1900—2022 年,检索时间为 2022 年 8 月 27 日,结果共得到 202 篇文献。阅读全文将非草地生态补偿主题论文筛除后,得到 69 篇文献,时间跨度为 2007—2022 年。关键词筛选基于以下两点,第一,经相关主题论文预读,选择北美、南美和欧洲国家普遍采用的环境或生态系统服务付费 (“payment for ecosystem services” “payment for environmental services”), 和亚洲和少数欧洲国家通常采用“生态补偿”(ecological compensation) 作为关键词;第二,根据人为利用程度不同,草地分为天然草地、半人工草地、人工牧场、牧草场,因此选择“草地”(grasslands)、“草原”(rangeland)、“牧场”(pasture) 和“草甸”(meadows) 作为草地搜索关键词。

1.2 统计结果

2007—2022 年,草地生态补偿的发文量和被引频次呈逐年递增趋势,至 2022 年达 15 篇,年均发论文量 4 篇,共计 69 篇,整体发文量较少(图 1)。

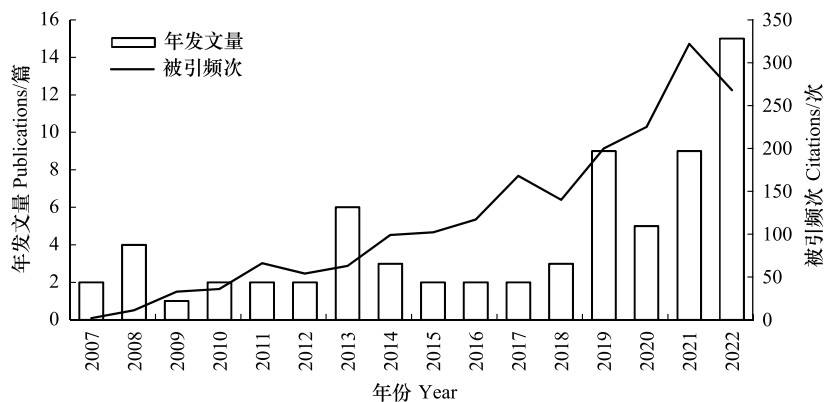
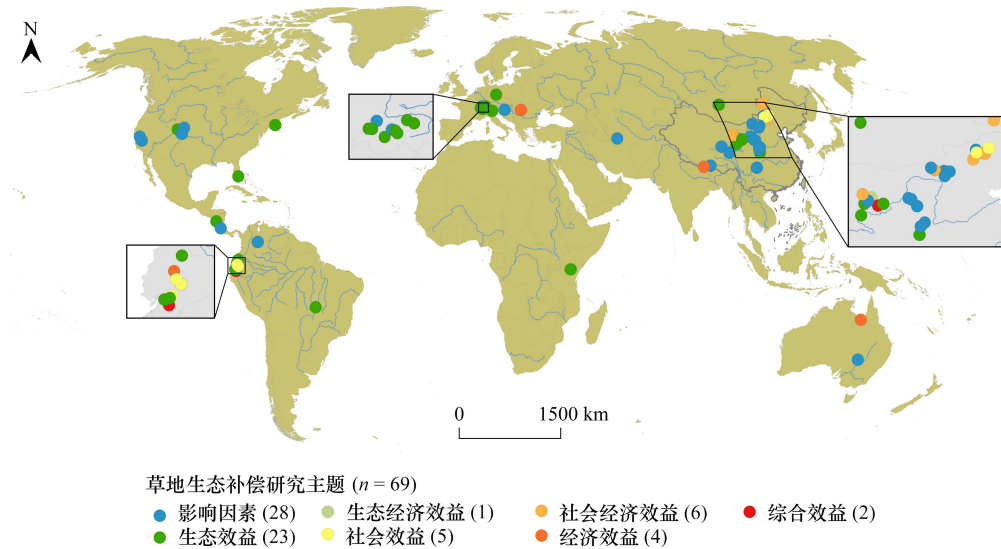


图 1 草地生态补偿研究的发表与被引用情况(WOS 数据库)(检索时间:2022 年 8 月 27 日)

Fig.1 Annual publications and citations of grassland ecological compensation research (WOS database) (accessed on August 27, 2022)

基于筛选文献,已有草地生态系统的补偿政策或相关活动已经在全球范围开展,主要分布在四个大洲:亚

洲、南美洲、欧洲、北美洲。其中 32 个在亚洲 (46.38%), 14 个在南美洲 (20.29%), 13 个在欧洲 (18.84%), 7 个在北美洲 (10.14%), 2 个在大洋洲 (2.90%), 1 个在非洲 (1.45%) (图 2)。从研究领域来看, 草地生态补偿主要关注其效益和影响因素。具体来说, 涉及草地生态效益、社会经济效益、综合效益为主题论文分别有 24、12 和 2 篇, 分别占比 34.78%、17.39% 和 2.90%, 表现出草地生态补偿的效益研究正处于发展初期; 以影响因素为主题论文共计有 30 篇, 占比 43.48%, 也是目前草地生态补偿研究的关注重点。



草地生态补偿研究主题 (n = 69)

● 影响因素 (28) ● 生态经济效益 (1) ● 社会经济效益 (6) ● 综合效益 (2)

● 生态效益 (23) ● 社会效益 (5) ● 经济效益 (4)

图 2 草地生态补偿研究的空间分布情况

Fig.2 Spatial distribution of grassland ecological compensation research

从草地生态补偿项目来看, 全球范围内为草地生态系统设置的专项补偿项目较少, 以中国草地生态系统补助奖励计划和厄瓜多尔帕拉蒙草地保护项目为代表; 其他国家和地区以生态保护为目的的补偿或付费项目, 项目涉及草地生态系统同时也包括其他类型生态系统, 如表 1 所示。

表 1 国际草地生态补偿项目

Table 1 International grassland ecological compensation projects

生态补偿项目名称		国家	参考文献
Title of ecological compensation projects			
英文 In English	中文 In Chinese	Country	References
Agri-environment schemes (AES)	农业环境计划	欧盟	Kampmann 等 ^[20]
Agri\environment schemes (AES)	农业环境计划	美国	Baylis 等 ^[21]
Common Agricultural Policy (CAP)	共同农业政策	欧盟	Martino 等 ^[22]
Ecological Compensation Area (ECA)	生态补偿保护区	瑞士	Aviron 等 ^[23]
Ecological Migration	生态移民	中国	Su 等 ^[24]
Grain\to-Green Program (GTGP)	退耕还林还草	中国	Zhao 等 ^[25]
Grassland Ecosystem Subsidy and Award Scheme (GESAS)	草地生态系统补助奖励计划	中国	Zhang 等 ^[26]
Pastures, Conservation and Climate Action (PCCA)	牧场、保护和气候行动	蒙古	Upton 等 ^[3]
Private land conservation (PLC)	私有土地保育	美国	Cortés-Capano 等 ^[27]
Páramo Socio Bosque (PSB)	帕拉蒙草地保护项目	厄瓜多尔	Hayes 等 ^[28]
Result-based schemes (RBS)	基于效应计划	斯洛文尼亚	Šumrada 等, 2022 ^[29]

2 理论基础

草地生态补偿发展中得到经济学、管理学和生态学等多学科支撑, 相关理论包含公共产品理论、生态系统

服务价值理论和社会-生态系统理论等。其中,公共产品理论初步认识到草地的公共资源属性与界定产权的重要性。在这一基础上,有必要通过区分生态系统服务价值促进交易,为草地生态补偿标准制定提供依据。社会-生态系统理论进一步将关注草地生态系统的双属性,强调通过草地生态补偿实现社会和生态的平衡。

2.1 公共产品理论

公共产品,又称公共池塘资源,指社会每一个成员均可以从中获益且一部分人使用即减少了其他人可用的数量或质量的资源,具有非竞争性和非排他性^[30-31]。草地生态系统是可再生而非充足的自然资源,带来的生态系统服务可供社会所有人员共享,是典型的公共池塘资源。每个人能够无差异地享用草地生态系统所带来的各项生态效益,在缺乏强制约束力的情况下,人们会以牺牲草地资源为代价满足其自身利益,容易出现草地资源过度使用而供给不足的“搭便车”现象和草地生态系统服务降低或丧失“公地悲剧”现象^[32]。因此草地生态补偿作为一种经济手段,需要在公共产品理论下建立有效的激励体制以确保草地生态系统提供持续性服务^[33]。

2.2 生态系统服务价值理论

实现全面可持续的草地生态系统保护与发展,需要通过经济激励的方式鼓励改变或放弃对生态系统不利的行为,而生态系统服务功能的经济价值评估对于制定合理的草地生态补偿政策具有重要意义。生态补偿的典型特征是生态系统服务的可交易性,并将其价值作为生态服务的购买方和提供方交易的基础和标准,因此生态系统服务的价值评估是补偿交易的基础^[34-35]。自千年生态系统服务评估后,各类生态系统因评估的价值高低而受到关注。Costanza 等率先定量评估了全球草地生态系统的服务功能价值^[36]。结合草地生态系统提供服务的机制,草地生态系统的服务功能可划分为产品提供、调节功能、文化功能和支持功能四大类^[37]。该理论可以引申出三种生态补偿标准:提供的生态系统服务价值、享受的生态系统服务价值和破坏的生态系统服务价值^[38]。

基于草地生态系统服务的认知,草地系统中有机物生产、营养物质循环、土壤保持、固碳释氧及涵养水源等生态服务价值评价的方法逐渐发展,并从理论评价投入决策应用^[10,16,39]。草地生态补偿也从最初的补偿草地面积向补偿多类服务功能以及服务流时空评估等完善^[2,19,40],用以衡量和监测生态系统服务供需^[41]。澳大利亚北部卡奔塔利亚湾稀树草原的研究发现,生态补偿项目对热带稀树草原每公顷生态系统价值评估后得出远超过土地产值,吸引土地所有者和其他资源管理人员开展活动^[42]。伊朗牧场因投资有限,补偿金额以减少载畜量的经济损失和增加生态系统服务价值为衡量的上下限标准^[43]。

2.3 社会-生态系统理论

社会-生态系统如何响应全球环境变化是当今自然资源管理中重点关注的方面之一^[44-45]。草地作为包含牧民为主体的生态系统,具有社会和生态两种属性的复杂系统,由社会子系统、生态子系统及两者的交互作用构成,表现出不同于社会系统或生态系统单独具有的结构、功能和复杂特征^[46-48]。草地社会-生态系统正面临越来越大的相互作用驱动因素的压力,如生态、社会文化、经济和政治的变化影响。草地生态补偿通过调节这些因素影响牧民决策,使他们权衡割草时间及蓄养牲畜的种类和数量等^[49]。

另外,针对可持续制度用于更具体管理公共财产资源的概念,社会-生态系统框架可以用于评估是否实现改善草原条件及草原牧民生计情况的双赢目标^[50-51]。应认识到畜牧业和当地牧民在维持牧场生态系统功能方面的价值,单一关注生态系统而忽视社会系统与生态系统之间联系的生态补偿机制,可能导致畜牧系统失衡而草地生态系统服务供应不可持续^[52]。已有研究从社会生态系统变化角度评价补偿措施所带来的效益,但相比生态子系统,社会系统角度评估仍存在困难^[53]。

3 研究进展

梳理国际范围草地生态保护补偿或生态系统服务付费的研究,研究主题可分为效益分析和影响因素。其中,效益分析包含两方面,一是从生态系统服务价值理论出发有助于生态保护和恢复的生态效益,二是从社

会-生态系统理论角度研究提升人类生产生活福祉的社会经济效益。

3.1 草地生态补偿的生态效益

草地生态系统提供多种重要的生态系统服务,如食物和原材料生产、水调节和淡水供应、营养物质循环、土壤保持、固碳释氧、涵养水源、娱乐文化、生物多样性等^[4,54-55]。改善草地生态系统服务为主的生态效益是草地生态补偿的出发点和首要目标,目前研究中主要包括恢复草地面积与质量、保护草地生物多样性、提升草地生态系统服务功能等方面。

3.1.1 恢复草地面积与质量

草地生态补偿政策对草地面积和质量恢复产生了积极影响。保护草地面积通常是作为补偿项目的第一优先保护目标,如厄瓜多尔 Socio Paramo 项目的首要目标是尽可能维持 80 万公顷的草地面积^[41]。草地归一化植被指数(NDVI)是衡量草地植被面积和质量的典型指标,中国整体退牧还草项目的 NDVI 从 2006—2015 年增加了 1.2%,表明草地质量增加显著^[56],其中在青海省的研究发现生态补偿政策实施后草地面积发生了明显增加^[57]。此外对青藏高原草地生态补偿区和非补偿区的草地面积、草地恢复比例、净初级生产力和牧草产量的对比分析说明,大部分补偿措施带来的草地恢复是有效的^[58]。在尼加拉瓜,林牧生态系统综合管理项目执行的初始两年,退化牧场面积减少了三分之二,而有高密度树木的牧场面积也大幅增加^[59]。

但是,生态补偿的草地恢复效益是个长期过程,存在滞后效应。青藏高原生态搬迁和补偿政策实施 10 年后草地逐渐恢复,57.5%的农田和 92.2%裸地逐渐转换为草地,草地面积持续增长共计 919.62 公顷^[40]。内蒙古第一期草原补助奖励政策实施中,草地质量并没有明显改善,甚至在局部地区继续呈现退化趋势,但第二期实施期出现了恢复趋势^[57]。

3.1.2 保护草地生物多样性

生态补偿措施特别关注对草地生态系统的生物多样性保护,尤其是物种多样性。意大利阿尔卑斯山的农业环境计划研究显示,生态补偿可以控制大面积草地的过牧或退化,同时有效保护维管束植物和直翅目昆虫的物种多样性^[60]。德国萨克森农业环境项目规划协调割草和放牧时间保护了 12 种鸟类、4 种蝴蝶和 4 种草地类型^[61]。厄瓜多尔的帕拉蒙草原研究发现生态补偿措施实施后植被物种多样性与丰富度得到了提升。在肯尼亚安博塞利国家公园附近,为了防止草地开垦成农田,进而影响公园野生大象的迁徙廊道,补偿牧民们相应的经济损失,对保护大象起到了较好的作用^[62]。对瑞士生态补偿区和农业环境规划项目实施区域调查发现,相同经济激励条件下将草地面积保留 10%—20%作为直翅目昆虫避难所的割草模式可使物种丰富度增加 23%^[63]。草地补偿的效益也会溢出影响周边地区的物种多样性。对比补偿区和附近集约化管理农田和整体农业景观发现,234 种节肢动物种中 63%物种的丰度在补偿地区草地高于其周围环境,且随距离的增加呈指数下降^[64]。

3.1.3 提升草地生态系统服务

草地生态补偿对生态功能的保护和提升研究主要关注传统的生产力供给服务、水源涵养、碳固存调节服务及美学景观文化服务等,各地生态补偿对生态系统服务的最优保护目标存在差异。在美国大沼泽地源头的亚热带牧场,生态补偿项目实施后水源涵养功能得到了提升,进一步增加了大型无脊椎动物、鱼类、蚊子及一些植物的丰富度^[65-66]。南美厄瓜多尔的帕拉蒙草原上的补偿制度增加了植树造林,减少焚烧和放牧牛羊等活动后,土壤碳和地上碳都有显著提高,而且限制燃烧更能有效地提高碳储量^[67]。伊朗锡林-达列赫大坝(Shirin-dareh)下游的草地通过畜牧平衡项目减少载畜量达到减少水土侵蚀控制径流的作用^[43]。生态补偿区内限制焚烧来确保长期植被覆盖,特别是保护生长形态恢复较慢的多年生灌木,禁火 3—6 年灌木草覆盖度、物种丰富度和数量均增加,提升了土壤保持和水文调节功能^[68]。在中国退耕还草工程实施期的土壤有机碳也有相似结论,尽管目前研究发现平均固碳率随恢复龄期的增加而降低,但是平均碳固存量随恢复龄期的增加呈现增加趋势^[25]。在瑞士,补偿区域比例越高的草地受欢迎程度越高,即生态补偿措施能够提高景观美景度^[69],积极促进当地旅游业发展^[70]。美国罗德岛和佛罗蒙州通过募集捐款来支付组织草地所有者保护食

米鸟的栖息地,不仅保护了野生旗舰物种,也保护了景观观赏和动植物自然声音等多种相关文化服务^[71]。

3.2 草地生态补偿的社会经济效益

草原补偿通过补助资金的方式支付给草地社会经济系统的主体牧民,带动牧民生产生活转型,进而间接恢复草地生态功能。相关文献尤其关注草地生态补偿中以补偿对象牧民为主体所获得的社会经济效益,包括牧户增加经济收入和改善生计结构两个方面。

3.2.1 增加牧户经济收入

草地补偿措施一定程度上增加了牧民或草地所有者的经济收入。罗马尼亚东萨兰杜尔(Zarandul de Est)地区 2007—2013 年共同农业政策调查发现,欧盟政府提供的补偿经费相当于家庭其他收入额的 130%,并且能够覆盖一般农场的全部支出^[22]。厄瓜多尔生态补偿政策的最显著效果是有助于减贫,而且经济补偿提供了更稳定的收入来源^[72],虽然对较大面积草地所有者的收入影响不大,但对 50 公顷以下小块面积草地所有者,补偿金额约占家庭收入的一半,能够用于食品、医疗保健、教育和其他基本需求^[73]。青藏高原东北缘实施生态搬迁的补偿政策使贫困人口于 2020 年已完全脱贫,对于家庭收入水平和区域生态系统服务价值的积极影响将在 2025 年后显著提升^[40]。美国以碳固定为目标的草地生态补偿项目中,要求牧场主使用或生产更生态的增值产品,提供绿色饲料标签、农业部有机、野生动物友好标志等认证,间接增加了牧户经济收入^[74]。传统牲畜产品的供应历来被认为是牧场的主要价值,虽然畜牧生产者并非仅受补偿的经济驱动,但在加强生态系统服务保护后,需要补偿经费填补财务缺口^[75]。在澳大利亚的牧场碳补偿项目中,牧户得到的补偿金作为稳定收入大大缓冲了干旱年份对牧场收益的影响^[76]。

但也存在草地生态补偿政策的经济补偿金额未能满足牧民实际生产生活需求或期望的情况。中国的草原补助奖励政策通过给牧民家庭发放补贴来减少牲畜数量或禁止放牧牲畜,限制草原的大规模退化,非牧收入在牧户家庭总收入中的比例有所增加,但家庭净收入出现下降现象,一些家庭的畜牧业收入仍然是家庭收入支柱^[77]。对内蒙古调查结果分析得出,补奖政策对牧民的生态保护行为起到积极激励作用,牧民总收入和非农收入比重有所提高,但是未能满足大多数牧民的生计期望,目前补偿水平不足以覆盖牧民对草地生态保护的付出成本^[26]。此外,草地生态补偿资金出现分配不平衡现象,表现为地方相对收入差距缩小,但绝对收入差距扩大,即家庭经济条件较好的家庭获得的补偿资金较多^[78]。

3.2.2 改善牧民生计模式

补偿实施后牧民的生计方式有两类,一种是改为生态友好型牲畜经营,一种是退出畜牧业。草地生态补偿通过制度限制牧民的饲养方式、割草方式、放牧强度等,逐渐促成生态友好型牲畜经营。对厄瓜多尔研究发现,生态补偿限制公共用地使用激励牧民重视生态环境保护^[79],与无补偿措施实施的村庄相比,有补偿措施村庄集体土地上放牧牲畜的户数减少了 12%^[80],当补偿资金停发后,牧民仍能保持较低放牧强度来保护公共草地^[28]。在内蒙古的研究发现,生态补奖政策一定程度上减少了大型农场牧民养羊的总数^[81]。退出畜牧业促进了牧区产业转型和牧民生计结构的变化,青藏高原东北缘实施生态搬迁和补偿政策促进了劳动力从第一产业向第三产业转移,加快了牧民离开牧区而向城镇化发展^[16]。内蒙古地区虽然政策规定了单位草地的牲畜承载量,而且可利用草地面积将受到影响,部分牧民将退出畜牧业从事其他行业,部分牧民将利用草原生态补偿经费进一步扩大畜牧业规模^[82]。内蒙古荒漠草原的草原补助奖励政策实施后,家庭收入结构以政府补贴和畜牧业为主,非牧收入仅起到补充作用^[83]。而对于内蒙古、甘肃和青海 3 个省份牧区的牧民生计而言,提高目前的补贴水平将增加牧民的生计多样化^[84]。

但草地补偿措施实施后在一些地方也出现了不均衡效应或相反效果。中国的碳生态补偿措施中,草地作为碳吸收的主要载体表现出空间上西高东低的格局,通过服务价值核算可发现与补偿措施实施中的空间不匹配性和付费额度的不均衡性^[85]。对青藏高原原曲河流域补偿成效研究,发现以减少载畜量为目的的补偿措施发生了相反效果,补偿措施实施让拥有更大草场面积的牧民反而增加了畜牧数量^[50]。

3.3 草地生态补偿的影响因素

生态补偿的生态和社会经济效益产生依赖于牧民、牧区和补偿制度的特征。目前,关于草地生态补偿影

响因素的研究主要关注了 3 个方面,牧民的主观与客观条件、牧区生态与社会环境和补偿的实施途径。

3.3.1 牧民主观与客观条件

最早定义生态补偿的学者 Wunder 曾提出补偿或生态系统付费的前提是自愿^[86],因此牧民作为参与草原生态补偿的实施主体,牧民主观对生态保护及政策的认知和理解度是确保补偿项目顺利实施的关键。对美国科罗拉多州牧民满意度研究得出,牧民认为这是支持牧场主和改善保护管理的机会,表示有兴趣参加生态系统服务付费项目^[87]。瑞士侏罗山林地牧场农民意愿包括是否愿意增加农场规模、农业活动多样化以及工作量的个体偏好差异对补偿政策的参与程度产生影响^[51]。对澳大利亚新南威尔士州西北部地区牧场进行分情景建模分析发现,碳市场价格如果提高将会受到很多人的关注,进而增加项目参与程度使牧场大范围转化为碳农业^[76]。对宁夏盐池县调查得出牧民对政策的认同和满意度较高,表现出牧民对生态补偿政策拥有良好的支持和参与意愿^[88]。内蒙古乌兰察布地区牧民的生态补偿补贴金额分析却认为,补贴率低于牧民期望,没有得到对他们损失的应有补偿,降低了牧民的满意度及保护行动力^[89]。在中国青藏高原三江源国家公园补偿措施实施地区,牧民对政策的理解和认知是影响高寒草原自然资源的长期保护和可持续利用的重要因素,随着项目的实施当地牧民开始逐渐接受,支持生态补偿政策的比例从 2013 年的 54% 上升到 2015 年的 70%^[24]。赤水县保护区和三河源国家公园研究发现,政策的宣传教育功能通过影响原住民的保护态度、主观规范和知觉行为控制来提升保护意愿和行为^[90]。

当牧民的参与意愿和满意度低时,不仅会降低补偿效果,甚至还会带来负面影响。当牧民参与意愿和政府支付意愿存在矛盾,政府看重草原恢复而未对牧民最关心的自身经济损失给予足够重视,导致牧民为了生计将放牧范围扩大到禁牧的草原或增加草地载畜数量^[91-92]。中国草原补助奖励政策研究发现生态补偿的效果在牧民中的满意度不高,导致牧民将补助用于购买更多的羊,而加剧草地退化^[77]。

牧民家庭特征也对草地生态补偿项目的执行效果产生影响。代表性因素包括较高的教育水平、农牧业收入、草地面积和草地条件^[93]。厄瓜多尔生态补偿政策中较小面积草地所有者更愿意加入,以获得相对稳定的补偿收入贴补家庭开销^[72]。陕西延安第二阶段实施的坡地退耕政策中家庭参与情况研究发现,贫困的不同维度,例如教育、身体健康、粮食安全、权利、资产和生活水平方面的贫乏对项目的执行效果有很大的影响^[82]。内蒙古大毛县草原生态补偿政策试点为例分析支付水平、自然和社会经济因素对牧民参与意愿的影响,结果表明收入较低、年龄较大、文化程度较高、草原面积较大、社会关系较差的牧民更倾向于参与项目^[94]。

3.3.2 牧区生态与社会环境

自然环境能够影响生态补偿的实施效果或补偿计划的可持续性,进而限制了生态恢复效果^[52]。草场景观格局特征是重要环境因素,Knop 等比较了连片和单片草地上蜗牛和蚱蜢的物种情况,结果发现在连通性高的草地上物种多度保护效果更明显^[95]。地形因素也具有重要影响,Aviron 等研究中坡度和方向的差异使得生态补偿区中自然和人工元素数量存在异质性,而导致蝴蝶多样性保护效果不同^[23]。气候条件也是不可忽略因素,对内蒙古补偿制度两期实施效果比较研究,第二期降水的变化一定程度上抵消了增加补贴产生的积极影响^[96]。也有研究表示物种优势、营养相互作用或外来物种入侵的变化可能会阻碍补偿措施的生态恢复过程^[97]。对生态补偿区内两种蚱蜢物种动态进行研究,得出局地物种库、繁殖体大小、捕食、种间竞争和栖息地质量等因素对补偿区产生影响^[98]。植被类型的生态优良条件与土壤侵蚀和沉积、径流等相关,间接影响补偿项目的投入成本^[42]。草地退化程度越高表示该区域具有更大环境效益潜力,在生态补偿的空间布局中考虑草原退化程度可以提高项目执行效率^[99]。

牧区的政策环境也对草地生态补偿措施的实施产生影响。美国加州牧场的案例中,通过农业法案成本分担和私营部门融资,辅助降低企业-牧民-社会多主体土地利用的治理矛盾,可以激励牧民参与食品农业行业牵头的生态系统服务付费倡议项目^[74]。瑞士侏罗山林地牧场维护费尽管得到联邦农业办公室、经济事务部、联邦委员会为主的政策网络的支持,但却受到瑞士农民协会反对,此外还需要考虑未来市场放松管制等政策变化带来的影响^[51]。伊朗生态补偿项目中重视不同社会经济背景,包括明确产权以及在识别和调查、开发、

试点测试和项目运行全部过程中的详细框架设计,都可以提高补偿方案的有效性^[43]。厄瓜多尔案例中由于土地所有权、使用权,以及已有社会、人力和资金资本的限制,使生态补偿制度比较吸引更大草场面积即更富有的土地所有者^[73]。对内蒙古牧民遵守环境服务付费计划的机会成本研究得出,市场价格会导致支付金额波动和牧民降低放养率的机会成本^[99]。政策公信力是实施生态补偿计划时需要考虑的重要因素,政策制定中对生计成本考虑不足会影响草地使用者对生态保护的看法,进而影响补偿政策^[100]。对于许多非传统畜牧产品等生态系统服务而言,如何定义生态系统服务的数量和质量会影响市场估值,包括合同设计、认证、监控等大额交易成本,因此对交易中介人的信任对牲畜生产者参与程度至关重要^[75]。

3.3.3 补偿支付方式

草地生态补偿方式以资金支付为主,主要存在政府补偿和市场补偿两种方式。较大规模的草地补偿项目为政府资助,如瑞士、中国、蒙古和厄瓜多尔,以中央或地方政府补偿方式为主;小范围草地保护项目的补偿行为以市场交易方式为主,如德国、意大利、澳大利亚等。厄瓜多尔所有补偿项目经费都来自国家预算,虽然初始阶段的部分资金是通过德国开发银行的贷款提供^[40]。澳大利亚不同类型的保护项目可以通过申请国家经费,用于环境保护及支付给牧民^[76]。也有综合管理情况,如美国的牧场保护计划由州或联邦机构资助补偿资金,而成本分担、减税、补贴等,资金管理则是通过美国农业部自然资源保护局(NRCS)或美国农田信托、自然保护协会和牧场信托等非政府组织(NGO)组织^[74]。相比政府的稳定资金来源,市场交易中的资金存在很多不确定性。在澳大利亚维多利亚热带稀树草原的保护中,交易的买家期望生态威胁降低后支付较少资金,却导致自然资本存量降低生态系统服务更加稀缺而支付成本增加^[42]。在西藏牧区提供无息贷款作为现金补贴的补充方式可以实现双赢,既保护生态系统增加了家庭收入,又减少了政府的财政负担^[101]。无论是政府还是市场支付中,交易资金金额也是现实难题。在肯尼亚牧区与大象保护区的矛盾中,补偿金支付方需要考虑包括牲畜、牛奶、牧草、工资等多方价格因素才能购买到牧户的保护行为^[62],而在瑞士和中国的草地生态补偿资金金额与人均牲畜的数量相关,补偿通常不达到牧民期望额度^[51]。

生态补偿措施实施中也有非资金的补偿或激励方式。如斯洛文尼亚牧民对草原保护计划的研究发现,相比经费补偿,农民更愿意接受农场咨询和培训服务,更能增加补偿项目的普及率^[29]。对哥斯达黎加草地生态补助实施研究中,评估发现政府组织除提供经济补助外,也提供技术援助和信息共享,对提高牧场生产力产生了积极影响^[102]。对哥伦比亚奥里诺科河地区牧场经营模式分析研究,采用以保护为导向的改良牧场不仅仅基于生态系统服务的货币支付,更需要饲料供应和畜牧养殖等技术支持^[103]。在美国亚利桑那州和新墨西哥州南部,该地区高产牧场与美洲虎栖息地重叠,与牧民利益形成严重冲突,研究发现需要政府或相关组织关注牧场生态健康的方式而非经济激励措施更能提高保护计划实现濒危物种保护目标^[104]。

4 研究展望

草地生态补偿是促进草地资源开发利用与草地生态环境质量改善、推动草原区域经济社会可持续发展的一项重要生态经济手段。本文通过对草地生态补偿已有研究成果的系统梳理和总结发现,草地生态补偿的生态效益主要包括恢复草地面积和质量、保护草地生物多样性、提升草地生态系统服务;社会经济效益主要表现为牧民或草地所有者的经济收入和生计结构发生了变化,受到积极或消极影响;而草地生态补偿实施的影响因素以牧民参与意愿、满意度、牧民家庭特征和支付方式为主。未来草地生态补偿研究有待于加强效益权衡分析、行为者的影响、支付方式多样性等方面的研究。

(1) 效益权衡分析

生态补偿措施作为协调生态保护与社会经济发展的工具,在平衡生态保护和社会经济发展方面有必要引入生态系统权衡分析的技术方法。草地生态系统服务并不是孤立存在的,而是彼此关联并表现出不同程度此消彼长的权衡关系。草地生态补偿政策实施在提升某些生态系统调节服务的同时,很可能导致其他生态系统供给和文化服务降低。因此,草地生态补偿应重视区分主要和次要目标效益,强调量化不同生态保护目标下

的生态系统服务供需动态,优先考虑多重效益权衡的时间特征,评估长期效益与前期经济成本^[105-106]。同时,草地生态补偿项目不是简单地维持生态系统服务,而不考虑这种服务在人与环境相互作用中的关系。在草地生态补偿预期效益上,应着眼于提高社会-生态耦合系统对外部冲击和变化的适应能力,把握社会-生态系统的复杂性和整体性,尤其是生态系统与社会系统之间的相互反馈^[53]。

(2) 行为者的影响

随着生物圈中人为影响的增加,人类行为成为社会-生态系统动态的最重要因素之一,人的价值观影响社会规范并主导社会经济行为,能够相应地影响自然-社会系统的延续和发展^[107]。这种社会经济行为可以表现为,土地使用者需要通过营销自然的经济效益以创造附加值。正如 Wunder 等^[108]所说“如果支付意愿和接受意愿的经济学不一致,就没有生态补偿可以实施的基础”,表明生态补偿必须通过对生态系统中人的引导,以增强行为者的能动性,以改造原本不可持续的人与自然关系。因此,有必要进一步挖掘本地化的案例,探究生态补偿项目如何增强当地的人与自然可持续发展的价值观,及其与其生态治理行为的关系。

(3) 支付方式的多样性

支付方式对生态补偿的项目的可持续性也具有一定的影响作用。虽然资金方式是作为补偿或生态系统服务付费的主要手段,但辅助的非资金补偿方式如智力补助等也在发挥重要作用。同时,补偿标准也可分激励补偿、基于保护行为的补偿和基于保护结果的保护补偿,这在实施中已经有体现,但在研究中较少看到如何区分不同支付方式效果的差异。为了改善支付和所提供服务之间的联系,欧盟的一些国家已经推广了基于结果的计划(RBS)^[29,109]。据实际情况可增加政策补偿、劳动力工资补偿、能力提升补偿及异地就业安置等补偿方式,以市场化多元化的生态补偿方式破解补偿方式单调和“造血”能力补偿不足的问题。在我国,广大草地分布区域的乡村发展相对滞后,如何拓展草地生态补偿支付方式,助力中西部乡村生态振兴,也是服务国家需求的前沿议题。

参考文献(References):

- [1] Reinermann S, Asam S, Kuenzer C. Remote sensing of grassland production and management—a review. *Remote Sensing*, 2020, 12(12): 1949.
- [2] Roche L M, Saitone T L, Tate K W. Rangeland ecosystem service markets: *Panacea* or wicked problem? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021, 5: 554373.
- [3] Upton C. Conserving natures? Co-producing payments for ecosystem services in Mongolian rangelands. *Development and Change*, 2020, 51(1): 224-252.
- [4] Buisson E, Archibald S, Fidelis A, Suding K N. Ancient grasslands guide ambitious goals in grassland restoration. *Science*, 2022, 377(6606): 594-598.
- [5] Bengtsson J, Bullock J M, Egoh B, Everson C, Everson T, O'Connor T, O'Farrell P J, Smith H G, Lindborg R. Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 2019, 10(2): e2582.
- [6] Sohl T L, Sleeter B M, Sayler K L, Bouchard M A, Reker R R, Bennett S L, Sleeter R R, Kanengieter R L, Zhu Z L. Spatially explicit land-use and land-cover scenarios for the Great Plains of the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 153: 1-15.
- [7] Overbeck G E, Vélez-Martin E, Scarano F R, Lewinsohn T M, Fonseca C R, Meyer S T, Müller S C, Ceotto P, Dadalt L, Durigan G, Ganade G, Gossner M M, Guadagnin D L, Lorenzen K, Jacobi C M, Weisser W W, Pillar V D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 2015, 21(12): 1455-1460.
- [8] Bond W J, Stevens N, Midgley G F, Lehmann C E R. The trouble with trees: afforestation plans for Africa. *Trends in Ecology & Evolution*, 2019, 34(11): 963-965.
- [9] Dudley N, Eufemia L, Fleckenstein M, Periago M E, Petersen I, Timmers J F. Grasslands and savannahs in the UN Decade on Ecosystem Restoration. *Restoration Ecology*, 2020, 28(6): 1313-1317.
- [10] 刘兴元, 牟月亭. 草地生态系统服务功能及其价值评估研究进展. *草业学报*, 2012, 21(6): 286-295.
- [11] Bardgett R D, Bullock J M, Lavorel S, Manning P, Schaffner U, Ostle N, Chomel M, Durigan G, L Fry E, Johnson D, Lavalley J M, Le Provost G, Luo S, Png K, Sankaran M, Hou X Y, Zhou H K, Ma L, Ren W B, Li X L, Ding Y, Li Y H, Shi H X. Combatting global grassland degradation. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2021, 2(10): 720-735.
- [12] 叶晗, 朱立志. 内蒙古牧区草地生态补偿实践评析. *草业科学*, 2014, 31(8): 1587-1596.
- [13] Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 663-674.
- [14] 张诚谦. 论可更新资源的有偿利用. *农业现代化研究*, 1987, 8(5): 22-24.
- [15] Wunder S. Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 2015, 117: 234-243.
- [16] 杨倩, 孟广涛, 谷丽萍, 方波, 张正海, 蔡雨新. 草地生态系统服务价值评估研究综述. *生态科学*, 2021, 40(2): 210-217.

- [17] 贾幼陵. 关于草畜平衡的几个理论和实践问题. 草地学报, 2005, 13(4): 265-268.
- [18] Salzman J, Bennett G, Carroll N, Goldstein A, Jenkins M. The global status and trends of Payments for Ecosystem Services. *Nature Sustainability*, 2018, 1(3): 136-144.
- [19] Yu H J, Xie W, Yang L, Du A S, Almeida C M V B, Wang Y T. From payments for ecosystem services to eco-compensation: conceptual change or paradigm shift? *Science of the Total Environment*, 2020, 700: 134627.
- [20] Kampmann D, Lüscher A, Konold W, Herzog F. Agri-environment scheme protects diversity of mountain grassland species. *Land Use Policy*, 2012, 29(3): 569-576.
- [21] Baylis K, Peplow S, Rausser G, Simon L. Agri-environmental policies in the EU and United States: a comparison. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 753-764.
- [22] Martino S, Muenzel D. The economic value of high nature value farming and the importance of the Common Agricultural Policy in sustaining income: the case study of the Natura 2000 Zarandul de Est (*Romania*). *Journal of Rural Studies*, 2018, 60: 176-187.
- [23] Aviron S, Jeanneret P, Schüpbach B, Herzog F. Effects of agri-environmental measures, site and landscape conditions on butterfly diversity of Swiss grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2007, 122(3): 295-304.
- [24] Su X K, Shen Y, Dong S K, Liu Y Q, Cheng H, Wan L F, Liu G H. Feedback and trigger of household decision-making to ecological protection policies in Sanjiangyuan National Park. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 12: 827618.
- [25] Zhao F, Chen S F, Han X H, Yang G H, Feng Y Z, Ren G X. Policy-guided nationwide ecological recovery: soil carbon sequestration changes associated with the Grain-to-Green Program in China. *Soil Science*, 2013, 178: 550-555.
- [26] Zhang J, Brown C, Qiao G H, Zhang B. Effect of eco-compensation schemes on household income structures and herder satisfaction: lessons from the grassland ecosystem subsidy and award scheme in Inner Mongolia. *Ecological Economics*, 2019, 159: 46-53.
- [27] Cortés-Capano G, Hanley N, Sheremet O, Hausmann A, Toivonen T, Garibotto-Carton G, Soutullo A, Di Minin E. Assessing landowners' preferences to inform voluntary private land conservation: the role of non-monetary incentives. *Land Use Policy*, 2021, 109: 105626.
- [28] Hayes T, Murtinho F, Wolff H, López-Sandoval M F, Salazar J. Effectiveness of payment for ecosystem services after loss and uncertainty of compensation. *Nature Sustainability*, 2022, 5(1): 81-88.
- [29] Šumrada T, Japelj A, Verbič M, Erjavec E. Farmers' preferences for result-based schemes for grassland conservation in Slovenia. *Journal for Nature Conservation*, 2022, 66: 126143.
- [30] Ostrom E, Burger J, Field C B, Norgaard R B, Policansky D. Revisiting the commons: local lessons, global challenges. *Science*, 1999, 284(5412): 278-282.
- [31] Costanza R, de Groot R, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson S J, Kubiszewski I, Farber S, Turner R K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 152-158.
- [32] 徐素波, 王耀东, 耿晓媛. 生态补偿: 理论综述与研究展望. *林业经济*, 2020, 42(3): 14-26.
- [33] 王怀毅, 李忠魁, 俞燕琴. 中国生态补偿: 理论与研究述评. *生态经济*, 2022, 38(3): 164-170.
- [34] Liu M C, Bai Y X, Su B R. Analysis of the hotspots of ecological compensation research in China in the past 20 years based on a bibliometric study. *Journal of Resources and Ecology*, 2022, 13(1): 80-92.
- [35] 徐建英, 刘新冯, 冯琳, 桓玉婷. 生态补偿权关系研究进展. *生态学报*, 2015, 35(20): 6901-6907.
- [36] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [37] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 王效科, 苗鸿. 草地生态系统服务功能分析及其评价指标体系. *生态学杂志*, 2004, 23(6): 155-160.
- [38] 李晓光, 苗鸿, 郑华, 欧阳志云. 生态补偿标准确定的主要方法及其应用. *生态学报*, 2009, 29(8): 4431-4440.
- [39] 高雅, 林慧龙. 草地生态系统服务价值估算前瞻. *草业学报*, 2014, 23(3): 290-301.
- [40] Yang H J, Gou X H, Yin D C, Du M M, Liu L Y, Wang K. Research on the coordinated development of ecosystem services and well-being in agricultural and pastoral areas. *Journal of Environmental Management*, 2022, 304: 114300.
- [41] Farley K A, Anderson W G, Bremer L L, Harden C P. Compensation for ecosystem services: an evaluation of efforts to achieve conservation and development in Ecuadorian páramo grasslands. *Environmental Conservation*, 2011, 38(4): 393-405.
- [42] Greiner R, Gordon I, Cocklin C. Ecosystem services from tropical savannas: economic opportunities through payments for environmental services. *The Rangeland Journal*, 2009, 31(1): 51-59.
- [43] Zakeri E, Mousavi S A, Karimzadeh H. Designing a payment for ecosystem services scheme, the practical obstacles for implementation in arid and semiarid rangelands. *The Rangeland Journal*, 2020, 42(6): 387-400.
- [44] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422.
- [45] Leslie H M, Basurto X, Nenadovic M, Sievanen L, Cavanaugh K C, Cota-Nieto J J, Erisman B E, Finkbeiner E, Hinojosa-Arango G, Moreno-Búez M, Nagavarapu S, Reddy S M W, Sánchez-Rodríguez A, Siegel K, Ulibarria-Valenzuela J J, Weaver A H, Aburto-Oropeza O. Operationalizing the social-ecological systems framework to assess sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(19): 5979-5984.
- [46] 宋爽, 王帅, 傅伯杰, 陈海滨, 刘焱序, 赵文武. 社会—生态系统适应性治理研究进展与展望. *地理学报*, 2019, 74(11): 2401-2410.
- [47] Epstein K, Wood D J A, Roemer K, Currey B, Duff H, Gay J D, Goemann H M, Loewen S, Milligan M C, Wendt J A F, Brookshire E N J, Maxwell B D, McNew L, McWethy D B, Stoy P C, Haggerty J H. Toward an urgent yet deliberate conservation strategy: sustaining social-ecological systems in rangelands of the Northern Great Plains, Montana. *Ecology and Society*, 2021, 26: art10.
- [48] Li L, Fassinacht F E, Bürgi M. Using a landscape ecological perspective to analyze regime shifts in social-ecological systems: a case study on grassland degradation of the Tibetan Plateau. *Landscape Ecology*, 2021, 36(8): 2277-2293.
- [49] Li X L, Ding Y, Yin Y T, Yang T T, Liu Z Y, Ren W B, Zhang J L, Sarula, Li Y H, Hou X Y. Patterns of herders' adaptation to changes in social-ecological systems across Northern China's grasslands over the past three decades. *The Rangeland Journal*, 2017, 39(4): 317-328.

- [50] Yu Y, Wu Y, Wang P, Zhang Y L, Yang L E, Cheng X, Yan J Z. Grassland subsidies increase the number of livestock on the Tibetan Plateau: why does the “payment for ecosystem services” policy have the opposite outcome? *Sustainability*, 2021, 13(11): 6208.
- [51] Huber R, Briner S, Peringer A, Lauber S, Seidl R, Widmer A, Gillet F, Buttler A, Le Q B, Hirschi C. Modeling social-ecological feedback effects in the implementation of payments for environmental services in pasture-woodlands. *Ecology and Society*, 2013, 18(2): art41.
- [52] Addison J, Greiner R. Applying the social-ecological systems framework to the evaluation and design of payment for ecosystem service schemes in the Eurasian steppe. *Biodiversity and Conservation*, 2016, 25(12): 2421-2440.
- [53] Li Y B, Fan M M, Li W J. Application of payment for ecosystem services in China's rangeland conservation initiatives: a social-ecological system perspective. *The Rangeland Journal*, 2015, 37(3): 285-296.
- [54] Wu X T, Wang S, Fu B J, Feng X M, Chen Y Z. Socio-ecological changes on the Loess Plateau of China after Grain to Green Program. *Science of the Total Environment*, 2019, 678: 565-573.
- [55] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 郑度, 成升魁. 中国自然草地生态系统服务价值. *自然资源学报*, 2001, 16(1): 47-53.
- [56] 刘洋洋, 任涵玉, 周荣磊, 巴桑参木决, 张伟, 章钊颖, 温仲明. 中国草地生态系统服务价值估算及其动态分析. *草地学报*, 2021, 29(7): 1522-1532.
- [57] Hou L L, Xia F, Chen Q H, Huang J K, He Y, Rose N, Rozelle S. Grassland ecological compensation policy in China improves grassland quality and increases herders' income. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 1-12.
- [58] Yang F Y, Xu J J, Zhao X, Wang X K, Xiong Y. Assessment of the grassland ecological compensation policy (GECP) in Qinghai, China. *Agriculture*, 2022, 12(9): 1479.
- [59] Huang L, Shao Q Q, Liu J Y, Lu Q S. Improving ecological conservation and restoration through payment for ecosystem services in Northeastern Tibetan Plateau, China. *Ecosystem Services*, 2018, 31: 181-193.
- [60] Marini L, Fontana P, Scotton M, Klimek S. Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *Journal of Applied Ecology*, 2007, 45(1): 361-370.
- [61] Wätzold F, Drechsler M, Johst K, Mewes M, Sturm A. A novel, spatiotemporally explicit ecological-economic modeling procedure for the design of cost-effective agri-environment schemes to conserve biodiversity. *American Journal of Agricultural Economics*, 2016, 98(2): 489-512.
- [62] Bulte E H, Boone R B, Stringer R, Thornton P K. Elephants or onions? paying for nature in Amboseli, Kenya. *Environment and Development Economics*, 2008, 13(3): 395-414.
- [63] Buri P, Arlettaz R, Humbert J Y. Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: evidence drawn from field-scale experimentation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2013, 181: 22-30.
- [64] Albrecht M, Schmid B, Obrist M K, Schüpbach B, Kleijn D, Duelli P. Effects of ecological compensation meadows on arthropod diversity in adjacent intensively managed grassland. *Biological Conservation*, 2010, 143(3): 642-649.
- [65] Boughton E H, Quintana-Ascencio P F, Jenkins D G, Bohlen P J, Fauth J E, Engel A, Shukla S, Kiker G, Hendricks G, Swain H M. Trade-offs and synergies in a payment-for-ecosystem services program on ranchlands in the Everglades headwaters. *Ecosphere*, 2019, 10(5): e2728.
- [66] Bremer L L, Farley K A, Chadwick O A, Harden C P. Changes in carbon storage with land management promoted by payment for ecosystem services. *Environmental Conservation*, 2016, 43(4): 397-406.
- [67] Farley K A, Bremer L L, Harden C P, Hartsig J. Changes in carbon storage under alternative land uses in biodiverse Andean grasslands: implications for payment for ecosystem services. *Conservation Letters*, 2013, 6(1): 21-27.
- [68] Bremer L L, Farley K A, DeMaagd N, Suárez E, Tandalla D C, Tapia S V, Vásconez P M. Biodiversity outcomes of payment for ecosystem services: lessons from páramo grasslands. *Biodiversity and Conservation*, 2019, 28(4): 885-908.
- [69] Junge X, Lindemann-Matthies P, Hunziker M, Schüpbach B. Aesthetic preferences of non-farmers and farmers for different land-use types and proportions of ecological compensation areas in the Swiss Lowlands. *Biological Conservation*, 2011, 144(5): 1430-1440.
- [70] Lindemann-Matthies P, Briegel R, Schüpbach B, Junge X. Aesthetic preference for a Swiss alpine landscape: the impact of different agricultural land-use with different biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 98(2): 99-109.
- [71] Chakrabarti A, Chase L S, Strong A M, Swallow S K. Making markets for private provision of ecosystem services: the Bobolink Project. *Ecosystem Services*, 2019, 37: 100936.
- [72] Bremer L L, Farley K A, Lopez-Carr D, Romero J. Conservation and livelihood outcomes of payment for ecosystem services in the Ecuadorian Andes; what is the potential for ‘win – win’? *Ecosystem Services*, 2014, 8: 148-165.
- [73] Bremer L L, Farley K A, Lopez-Carr D. What factors influence participation in payment for ecosystem services programs? An evaluation of Ecuador's SocioPáramo program. *Land Use Policy*, 2014, 36: 122-133.
- [74] Buckley Biggs N, Hafner J, Mashiri F E, Huntsinger L, Lambin E F. Payments for ecosystem services within the hybrid governance model: evaluating policy alignment and complementarity on California rangelands. *Ecology and Society*, 2021, 26: art19.
- [75] Roche Leslie M, Saitone Tina L, Tate Kenneth W. Rangeland ecosystem service markets: Panacea or wicked Problem? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021, 5: 554373.
- [76] Cockfield G, Shrestha U, Waters C. Evaluating the potential financial contributions of carbon farming to grazing enterprises in Western NSW. *The Rangeland Journal*, 2019, 41(3): 211-223.
- [77] Yin Y, Hou Y L, Langford C, Bai H H, Hou X Y. Herder stocking rate and household income under the Grassland Ecological Protection Award Policy in Northern China. *Land Use Policy*, 2019, 82: 120-129.
- [78] Li Z D, Rao D D, Liu M C. The impact of China's grassland ecological compensation policy on the income gap between herder households? A case study from a typical pilot area. *Land*, 2021, 10(12): 1405.
- [79] Hayes T, Murtinho F, Wolff H. An institutional analysis of Payment for Environmental Services on collectively managed lands in Ecuador. *Ecological Economics*, 2015, 118: 81-89.
- [80] Hayes T, Murtinho F, Wolff H. The impact of payments for environmental services on communal lands: an analysis of the factors driving household

- land-use behavior in Ecuador. *World Development*, 2017, 93: 427-446.
- [81] Hu Y N, Huang J K, Hou L L. Impacts of the grassland ecological compensation policy on household livestock production in China: an empirical study in Inner Mongolia. *Ecological Economics*, 2019, 161: 248-256.
- [82] Ren H R, Zhou G S. Measuring the impacts of anthropogenic activities on Inner Mongolian temperate grassland. *Land Degradation & Development*, 2018, 29(9): 2942-2950.
- [83] Chang H, Liu X C, Xie Y, Liu Y H, Yang W, Niu J M. The grassland ecological compensation policy drives the differentiation of herders' livelihoods in Inner Mongolian Desert grassland. *Agriculture*, 2022, 12(9): 1325.
- [84] Qiu H G, Su L F, Tang J J. Effects of environmental regulation on rural livelihood diversification: evidence from pastoral China. *Journal of Rural Studies*, 2022, 95: 26-39.
- [85] Jing X D, Tian G L, Li M R, Javeed S A. Research on the spatial and temporal differences of China's provincial carbon emissions and ecological compensation based on land carbon budget accounting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(24): 12892.
- [86] Wunder S. When payments for environmental services will work for conservation. *Conservation Letters*, 2013, 6(4): 230-237.
- [87] Gutwein M, Goldstein J H. Integrating conservation and financial objectives on private rangelands in northern Colorado: rancher and practitioner perceptions. *Rangeland Ecology & Management*, 2013, 66(3): 330-338.
- [88] Wang W W, Zhou L H, Yang G J, Sun Y, Chen Y. Prohibited grazing policy satisfaction and life satisfaction in rural northwest China-a case study in Yanchi County, Ningxia Hui autonomous region. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(22): 4374.
- [89] Byrne A T, Hadrich J C, Robinson B E, Han G D. A factor-income approach to estimating grassland protection subsidy payments to livestock herders in Inner Mongolia, China. *Land Use Policy*, 2020, 91: 104352.
- [90] Wang Z Z, Mao X Q, Zeng W H, Xie Y X, Ma B R. Exploring the influencing paths of natives' conservation behavior and policy incentives in protected areas: evidence from China. *The Science of the Total Environment*, 2020, 744: 140728.
- [91] Tang J J, Xin M C, Wang X R. Herdsmen's willingness to accept compensation for grazing ban compliance: empirical evidence from pastoral China. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 361: 132102.
- [92] Zhen L, Li F, Yan H M, Liu G H, Liu J Y, Zhang H Y, Du B Z, Wu R Z, Sun C Z, Wang C. Herders' willingness to accept versus the public sector's willingness to pay for grassland restoration in the Xilingol League of Inner Mongolia, China. *Environmental Research Letters*, 2014, 9(4): 045003.
- [93] Guan S Q, Fan Y B, Tang Z. Herders' willingness-to-participate in the grassland ecological compensation and award policy in China: a meta-analysis. *The Rangeland Journal*, 2021, 43(4): 267-280.
- [94] Shen W W, Zhou T, Chang H, Qiu X, Liu Y H, Sun H L, Zhai X, Yang H B, Liu G H, Yang W. Responses of grazing households to different levels of payments for ecosystem services. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2022, 8(1): 2052762.
- [95] Knop E, Herzog F. Biodiversity benefits from connectedness of restoration meadows. *Agrarforschung*, 2007, 14(4): 168-173.
- [96] Dong J Y, Zhang X L, Liu X L, Ren Z M. Impact of precipitation on the two-stage grassland eco-subsidy policy effect on stocking reduction in Inner Mongolia, China. *Grassland Science*, 2022, 68(4): 383-397.
- [97] Suding K N, Gross K L, Houseman G R. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 2004, 19(1): 46-53.
- [98] Knop E, Schmid B, Herzog F. Impact of regional species pool on grasshopper restoration in hay meadows. *Restoration Ecology*, 2008, 16(1): 34-38.
- [99] Guo Y N, Li R N, Yang Y Z, Ma J F, Zheng H. Integrating future grassland degradation risk to improve the spatial targeting efficiency of payment for ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 2022, 317: 115490.
- [100] Behrendt K, Brown C, Qiao G H, Zhang B. Assessing the opportunity costs of Chinese herder compliance with a payment for environmental services scheme. *Ecological Economics*, 2022, 193: 107313.
- [101] Pan Y, Wu J X, Zhang Y J, Zhang X Z, Yu C Q. Simultaneous enhancement of ecosystem services and poverty reduction through adjustments to subsidy policies relating to grassland use in Tibet, China. *Ecosystem Services*, 2021, 48: 101254.
- [102] Garbach K, Lubell M, DeClerck F A J. Payment for Ecosystem Services: the roles of positive incentives and information sharing in stimulating adoption of silvopastoral conservation practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 156: 27-36.
- [103] Carriazo F, Labarta R, Escobedo F J. Incentivizing sustainable rangeland practices and policies in Colombia's Orinoco region. *Land Use Policy*, 2020, 95: 104203.
- [104] Lien A M, Ulibarri C, Vanasco W, Ruyle G B, Bonar S, López-Hoffman L. Opportunities and barriers for endangered species conservation using payments for ecosystem services. *Biological Conservation*, 2019, 232: 74-82.
- [105] Liu Y X, Wang C X, Dong J Q, Zhang J Z, Fu B J. Grasp the prior ecosystem services in multi-objective ecological restoration. *Transactions in Earth, Environment, and Sustainability*, 2022: 2754124X2211277.
- [106] Guo Y N, Zheng H, Wu T, Robinson B E. A review of spatial targeting methods of payment for ecosystem services. *Geography and Sustainability*, 2020, 1(2): 132-140.
- [107] Wang S, Fu B J, Wei Y P, Lyle C. Ecosystem services management: an integrated approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(1): 11-15.
- [108] Wunder S, Brouwer R, Engel S, Ezzine-de-Blas D, Muradian R, Pascual U, Pinto R. From principles to practice in paying for nature's services. *Nature Sustainability*, 2018, 1(3): 145-150.
- [109] Ayambire R A, Pittman J. Adaptive co-management of environmental risks in result-based agreements for the provision of environmental services: a case study of the South of the Divide Conservation Action Program. *Journal of Environmental Management*, 2021, 295: 113111.