

引用格式: 赵亮, 李奇, 赵新全. 三江源草地多功能性及其调控途径[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 78-86. [Zhao L, Li Q, Zhao X Q. Multi-functionality and management of grassland in the Sanjiangyuan region[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 78-86.] DOI: 10.18402/resci.2020.01.08

# 三江源草地多功能性及其调控途径

赵亮<sup>1,2</sup>, 李奇<sup>1,2</sup>, 赵新全<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810008;

2. 中国科学院三江源国家公园研究院, 西宁 810008)

**摘要:**三江源区是地球第三极典型代表区域之一, 具有世界上独一无二的生物物种及其组成的生态系统, 发育和保持着世界上大面积原始的高寒生态系统, 是中国和亚洲重要的淡水供给地, 也是黄河流域生态保护和高质量发展的源头和重点区。生态系统服务、自然景观、生物多样性具有全国乃至全球意义的保护价值。草地是三江源的主要植被类型, 由草地管理引起的诸多生态、环境、社会问题, 其管理和治理不仅是牧区的问题, 也是包括黄河、长江、澜沧江等江河流域的问题。本文综述了三江源草地管理的现状、问题和需求; 提出了基于草地生态系统服务和人类对草地“生产—生态—生活”多目标需求的多重管理目标及管理框架, 建立三江源区域草地进行多重目标管理的调控途径及技术支持; 以期对三江源生态可持续发展、国家公园建设和黄河流域生态保护和高质量发展及后续相关政策的制定提供一定的启示。

**关键词:**三江源; 草地; 多功能性; 多重目标管理; 调控途径; 适应性管理

DOI: 10.18402/resci.2020.01.08

## 1 引言

三江源地处青藏高原腹地<sup>[1]</sup>, 作为地球上一个独一无二的自然地理单元, 是高原生物多样性最集中的地区, 是亚洲、北半球乃至全球气候变化的敏感区和重要启动区<sup>[2]</sup>。三江源不仅是长江、黄河、澜沧江的发源地, 还是中国淡水资源的重要补给地, 更是黄河流域生态保护和高质量发展的源头和重点区。因此, 三江源在全国生态文明建设中具有特殊而重要的地位, 关系到全国的生态安全和中华民族的长远发展<sup>[1,3]</sup>。

草地是三江源区域的主要植被类型。草地既是畜牧业生产的重要生产资料, 也是该地区的主要生态屏障, 对区域、全国、甚至是全球的生态环境有重要价值<sup>[4]</sup>。在三江源草地管理过程中主要包括草场管理和家畜管理, 其中, 草地的适宜家畜载畜量

或放牧率是关键的调控因素; 草地管理的基本形式是以草地利用或家畜管理方式具体呈现。然而, 随着社会发展和人类需求的提高, 以及气候变化的影响下, 三江源草地有较大比例处于不同程度的退化状态<sup>[5]</sup>, 成因也不尽相同<sup>[6,7]</sup>。同时, 利益相关者不会立即关注有关草地服务功能的损失。因此, 亟需开展有针对性的草地动态管理和调控, 即适应性草地管理, 来实现草地生态系统的可持续性<sup>[4,5]</sup>。

生态系统适应性管理以生态系统有序发展为目标, 经过不断探明、认识生态系统的内在变化, 找出发生规律, 监测干扰过程, 判别发展方向, 采取以提高和优化实践与管理的系统过程<sup>[8,9]</sup>。当前, 随着三江源国家公园建设, 草地不仅是作为畜牧业生产的“生产资料”, 或者作为能够直接使用的“生活资料”, 而且是消费草地的“生态系统服务”, 其作为

收稿日期: 2019-12-19; 修订日期: 2020-01-05

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA23060604; XDA2002030302); 青海省重点研发与转化计划项目(2019-SF-153); 2018年度“西部之光”人才培养计划项目。

作者简介: 赵亮, 男, 青海乐都人, 研究员, 研究方向为草地生态学。E-mail: lzhaol@nwipb.cas.cn

通讯作者: 赵新全, 男, 陕西扶风人, 研究员, 研究方向为草地生态学与可持续管理。E-mail: xqzhao@nwipb.cas.cn

2020年1月

“生态产品”或“生态屏障”的价值日益凸显。因而,在三江源草地管理中,如何协调“生产资料”“生活资料”和“生态系统服务”之间的权衡关系,是本文将要探讨的问题。本文通过分析三江源草地管理的战略需求和存在的问题,明确三江源草地管理的多功能目标,提出可持续发展的管理框架和三江源区域草地进行多重目标管理的调控途径,为三江源生态建设和黄河流域生态保护和高质量发展提供解决方案和方法。

## 2 三江源草地管理存在问题

### 2.1 草地管理、治理中的困惑

草地管理成败与环境和社会问题息息相关,已经引起各界关注。为了提高牧民生活水平、实现美好生活愿望、保护草原生态环境,决策者和管理者制定了相应方案和措施<sup>[10]</sup>,付出了诸多努力。1980s开始,三江源草地管理方式发生了从自由放牧到承包到户,再到退牧还草<sup>[11]</sup>的转变。长期的超载过牧引起了草地的退化和生态系统功能下降<sup>[5]</sup>。然而,在三江源区中,按照“草畜平衡”,以“以草定畜、减少畜群数量、增加生态补偿”的思路实施一系列的生态恢复治理和管理措施后<sup>[12]</sup>,还存在草原生态环境整体好转、局部恶化的问题<sup>[12,13]</sup>;为确定草地的归属感,划区围栏得到了广泛的应用,但围栏的应用造成生境斑块化和破碎化,又影响了野生动物迁徙和基因交流以及畜牲的流动<sup>[13]</sup>,破坏了草原的生态原真性和完整性;一些决策者和管理者面临着搞定居、移民和搬迁工程<sup>[10]</sup>,和保护、传承草原游牧及传统文化难两全的情况<sup>[13]</sup>;牧民报怨草地退化严重<sup>[12,13]</sup>的同时又常常不愿减少载畜量<sup>[3,12]</sup>,有强烈的美好生活愿望,却常出现不愿接受新技术、新方法,改变原有的生产方式的情况。因此,亟需探索保护与发展相协调的草地管理、治理途径。

### 2.2 三江源植被生产力增长的速率在缓慢降低,无人区好于家畜与野生动物活动重叠区

三江源地区1988—2018年草地地上生物量呈增加趋势,且自2005年三江源生态保护和建设工程实施以来,三江源地区草地地上生物量明显增加。工程实施后8年(2005—2012年),草地的平均地上生物量比工程实施前17年(1988—2004年)提高了30.31%<sup>[3,13]</sup>。在气候变暖变湿的背景下<sup>[3,13]</sup>,三江源

国家公园草地生产力整体呈现增加的趋势,但变化速率趋于变小<sup>[3]</sup>。2000—2018年草地地上生物量有上升趋势,其中2000—2012年有明显的增加趋势,而2012年之后有稍微的下降<sup>[3]</sup>;草地地上生物量自东南向西北逐渐减少,其减少的区域主要发生在人类活动较为密集的区域。其中长江源园区的中西部有增加趋势;而在东部有减少趋势;澜沧江源园区中西部有减少趋势,黄河源园区中部有增加趋势。可可西里无人区整体变好,而东部的家畜放牧与野生动物重叠区草场退化<sup>[3]</sup>。

### 2.3 三江源区仍然存在超载过牧,放牧仍然是草地管理的主要问题

减畜工程的实施明显减轻了三江源全区的载畜压力。2003—2012年平均载畜压力指数是1988—2002年的63.9%<sup>[3,13]</sup>。但即使是在实施减畜措施后,2003—2012年三江源草地平均载畜压力指数为仍1.46(即草地超载约46%),处于超载状态<sup>[13]</sup>。同时,草地退化态势好转仅表现在地上生产力上,草地的群落结构并未向顶级群落演替<sup>[3]</sup>。

### 2.4 草地治理中违背自然规律、追求短期成效,生态代价增大

草地治理的关键是恢复植被、增加盖度。三江源一期工程实践证明,对于“黑土滩”等通过近自然措施难以恢复的重度退化草地,重建植被是最有效的措施<sup>[5,13]</sup>。然而,在个别地区,借草地恢复治理的旗号,违背自然规律,“大水大肥”地种植、“穿衣戴帽”地维护,不计成本,变绿即可,追求短期成效。这些措施影响了生态系统的水分和能量循环,破坏了已有的循环结构,增加了生态代价。

### 2.5 大面积的围栏建设对生态系统保护作用有限

围栏建设在特定历史时期、特定情况下对草地管理发挥了重要作用<sup>[5]</sup>。但随着围栏密度越来越大,压缩了野生动物生存空间,阻断了野生动物正常迁徙和扩散<sup>[14]</sup>。如在三江源多次发现野生动物尸体挂在带有刺丝的围栏上。此外,大量研究表明长期的围封禁牧对草地生产力、物种丰富度、生态系统固碳等生态服务功能会带来负面影响<sup>[15-17]</sup>。

## 3 三江源草地多重管理目标

三江源草地生态系统提供了了生物多样性维持、气候调节、水源涵养、水土保持、碳吸收与固持、

生物控制、废物处理、景观、文化教育等多项极其重要的生态系统服务<sup>[1-3,5]</sup>(图1),发挥着至关重要的生态功能<sup>[4,18]</sup>。同时,该地区为藏民族聚居区,对藏民族的生活、生产活动及传统文化形成、发展具有重要影响<sup>[14]</sup>。如何发挥草地的多功能性,平衡保护与发展的矛盾是三江源草地保护和发展关注的课题。无论是生态系统服务中调节功能、供给功能、支持功能和文化功能的分类体系,还是草地生态系统的生态、生产和生活三大主要功能,其中生态功能是系统维持和发展的基础;生产功能体现为特定区域畜牧业经济发展;生活功能主要体现为牧民的繁衍生存与草原文化传承,由此,三江源草地多重目标管理以草地作为“人—草地—家畜(野生动物)—生态—文化”有机结合的载体,是实现人类对草地“生态—生产—生活”多重目标需求的关键<sup>[7]</sup>。根据生态系统服务,以及国家公园主要功能、辅助功能和区域发展等多功能管理目标,三江源草地多重管理以生态功能、生产功能、生活功能的可持续

为主要目标<sup>[19]</sup>(图1)。三江源草地的可持续发展,有序利用是草地生态功能的主要目标,有序利用草地也是实现草地生产功能的必要条件<sup>[4]</sup>,而生活功能是生态和生产功能有机结合的产物,是二者功能的综合体现。

### 3.1 生态功能

三江源在黄河流域、乃至全国的生态保护和建设中具有非常重要的作用。三江源的生态功能不仅体现在草地生态系统的支持服务和调节服务,也体现在黄河上游的生态屏障功能和水源涵养功能,是黄河流域生态保护和水源涵养能力提升的核心区。研究表明,三江源平均草地覆盖度为56.47%,平均产草量为735.54 kg/hm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>;平均水源涵养保有率为43.36%,水源涵养量为7.42万 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>;平均土壤保持量为28.4 t/hm<sup>2</sup>,土壤保持保有率为69.32%,土壤侵蚀模数为8.9 t/hm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>;平均防风固沙量为22.44 t/hm<sup>2</sup>,风蚀模数为7.84 t/hm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>,草地生态系统总碳储量为53.38×10<sup>8</sup> Tg C<sup>[20]</sup>。然而,由于草地不合

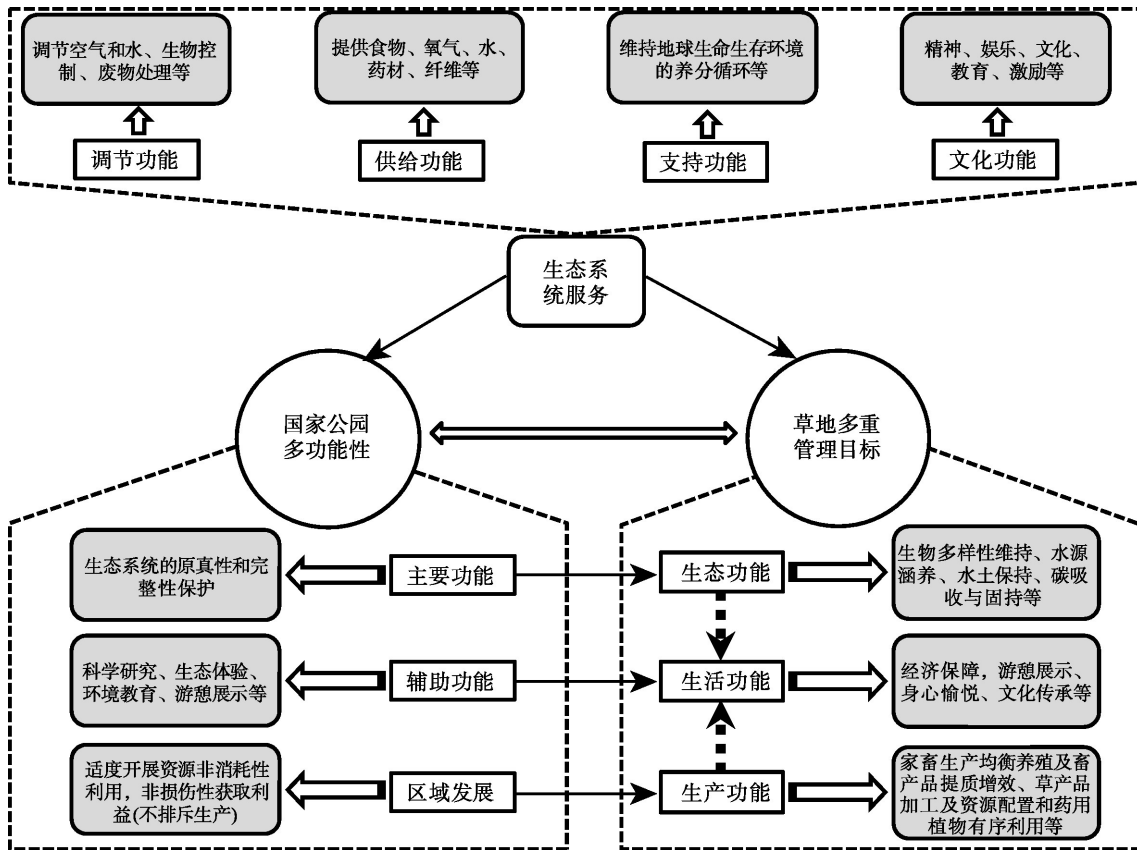


图1 三江源草地多功能性

Figure 1 Multi-functionality of grassland in the Sanjiangyuan region



2020年1月

理利用<sup>[7,17]</sup>及草地退化<sup>[6,7]</sup>,引起草地生态系统土壤—植被—微生物—种子库各生态因子的协同性失衡,导致系统结构紊乱、功能衰退,自我修复能力逐步丧失,使三江源和黄河上游的草地生态系统养分循环、水源涵养、防沙能力和生物多样性维持的等生态功能降低。因此,如何协调各影响因子之间关系,调节物质循环,保持生态安全,提升多样性维持能力是维持三江源生态功能和黄河上游生态恢复与水源涵养能力提升的核心问题,解决此问题的关键是阐明草地在全球变化背景下的变化和演替规律,依据规律制定合理的草地利用和修复方案。

### 3.2 生产功能

三江源草地生态系统的生产功能主要体现为草地生态系统的供给服务<sup>[21]</sup>,主要支撑畜牧业的发展。三江源可利用草地的平均最大理论载畜量(以标准羊单位(SHU)计)为0.56 SHU/hm<sup>2</sup>,理论载畜量的总价值量为219×10<sup>8</sup>元。然而,由于水热环境的影响,三江源的理论载畜量呈现由东南向西北逐渐降低趋势。同时,为了提高畜牧业生产和农牧民生活水平,三江源区超载46%<sup>[3]</sup>,且国家公园内的家畜数量是野生动物数量的4~5倍<sup>[3]</sup>。另外,过度放牧改变“植被—土壤—大气”界面之间的能量流动和水分调节,引起生态功能的退化。因此,维系三江源生产功能的关键是提升生产功能的同时保持其生态功能,协调保护与发展的关系,协调国家公园家畜与野生动物的数量,为了解决这些问题需要关注区域间的资源配置、家畜生产均衡养殖、畜产品提质增效和草产品加工等技术和模式。

### 3.3 生活功能

生活功能主要是指与生活功能相关的草地生态系统服务<sup>[22,23]</sup>,为生活在三江源草地上的藏民族提供社会、经济等方面的保障、文化传承和发展,以及休闲旅游、科普教育<sup>[23]</sup>等功能。三江源草地生态系统的生活功能主要体现为草地生态系统的文化服务,包括美学价值、精神价值、教育功能和消遣功能等<sup>[23]</sup>。三江源生态旅游业以及自驾游蓬勃发展,同步推动了文化产业的融合发展<sup>[3]</sup>。以藏娘唐卡、玉树藏族服饰、囊谦黑陶制作技艺、安冲藏刀锻制技艺、牛羊毛编织技艺、藏文书法等非物质文化遗产衍生品为核心的民族传统手工业逐步兴起,本土

文化旅游企业稳步成长,文化旅游产业逐渐成为地区经济发展的新引擎。然而,这些生活功能是以完整的生态功能和完善生产功能为基础。因此,确保生活功能需要保持三江源草地生态系统的原真性和完整性,积极扩展生产功能,增强对三江源生态环境的认知能力,运用互联网、VR和AR等新型技术衍生教育、科普和数字相关产业。

### 3.4 管理目标设定

三江源草地多重目标管理的核心问题是草地可持续管理<sup>[3,5,10]</sup>。以维持生态系统的原真性和完整性和资源持续利用为目标的生态畜牧业发展模式,是实现三江源草地生态、生产和生活功能等多重目标重要途径。如何达到生态上合理、经济上可行、社会上可接受是决定多重目标实现的关键<sup>[10]</sup>。本文按照三江源热量、降雨量、地形地貌等自然条件,各业生产连续性及生产潜力和抵御自然灾害的能力及对农牧各业适宜性等依据<sup>[11,23]</sup>,根据三江源土地利用及相应的生态系统服务价值变化规律,为了实现三江源草地管理目标,将三江源地区划分为3个区(表1):草地牧业区(如长江源牧区、黄河源牧区),农牧交错区(如三江源东北部的贵南县、同德县、玉树县)与河谷农业区(如共和县、贵德县、尖扎县、同仁县)。基于环境—草地、草地—家畜和草畜—人类的3界面系统耦合效应,充分发挥生态系统及其社会不同行业之间的“时空互补效应”“资源互作效应”和“信息与资金的激活效应”,设定3个区主要目标任务和关注点。在草地牧业区以实现草地生态功能为主要目标,重点关注生物多样性保护,水源涵养和退化草地恢复治理,进行科学研究监测,生态保护,草地合理利用,发展满足和维持草地生态系统原真性和完整性的“生态保护型”生态畜牧业;在农牧交错区以实现生态、生产和生活3个功能为目标,关注草牧业发展和资源配置,建立优良饲草基地建设,吸收河谷农业区农副产品加工高质高效的草产品,解决草地牧业区饲草资源短缺问题,建设集约化养殖小区,发展“资源循环利用型”和“有机健康养殖型”生态畜牧业,实现饲草与家畜的时空互补;在河谷农业区主要以实现生产和生活功能为目标,关注以资源、资金和信息为支撑的农副产品资源高效利用、畜产品加工、文化产业、休闲旅游

表1 三江源各区的主要目标任务、问题和实施措施

Table 1 Main objectives, issues, and measures of each area in the Sanjiangyuan region

三江源	主要目标任务	关注点	实施措施	三江源国家公园
草地牧业区	以草地生态保护、治理、监测和研究为主要任务,主要体现生态功能	生物多样性 生产力 生态承载力 生态系统演变 栖息结构 支撑服务功能 生态安全	科学研究 生态监测 野生动物栖息地退化恢复 天然草场合理利用 退化草地恢复治理 “生态保护型”生态畜牧业 生态补偿	核心保育区   一般管控区
农牧交错区	以草地生态保护、发展草牧业和衍生产业,支撑草地牧业区为主要任务,主要体现生态功能、生产功能和生活功能	生物多样性 生产力 生态系统演变 资源配置 草牧业 休闲旅游 科普教育	科学研究 生态监测 天然草场合理利用 退化草地恢复治理 以地养地模式 资源利用率的倍增模式 324加速牲畜出栏模式 “资源循环利用型”生态畜牧业 “有机健康养殖型”生态畜牧业 生态补偿	外围支撑区
河谷农业区	利用资金和信息效应,以发展高附加值饲草产业和畜产品,有效激活衍生产业和农牧交错区的畜牧业产业发展为主要任务,主要体现生产功能和生活功能	饲草产业 畜产品加工 文化产业 休闲旅游 药用资源有序利用	324加速牲畜出栏模式 “资源循环利用型”生态畜牧业 “有机健康养殖型”生态畜牧业 药用资源的种植和产品开发	—

和数字产业等,实现资源互作和资金与信息激活效应。

#### 4 三江源草地多重管理目标实现途径

三江源草地多重管理目标实现,就是如何平衡在相关区域各项功能之间的关系。基于三江源草地管理存在的问题和设定的三大功能,依据多层次多目标的适应性管理原理,三江源草地多重管理目标总体目标聚焦于以生态功能为优先的多重目标管理,关注生态、生产和生活功能在三江源3个分区中有序发展,明确主次;以山水林田湖草发展理念和生态文明建设的总体要求,明析在三大功能有序发展过程中的问题、变化和需求,考虑怎样将三大功用融合在生态保护和高质量发展中;以问题为导向,制定解决问题的方案和生态保护与高质量发展行动计划(图2)。在实施行动计划过程中,充分考虑环境变化和人类活动所产生的草地生态压力,监测和分析草地生态变化,结合设定目标进行动态管理,建立预测模型,进行目标评估。管理者和决策者依据评估结果,完善、更新或重新设计研究方案和实施计划。

由于草地生态系统时空尺度变化存在不同程度的不确定性<sup>[24,25]</sup>,需要对三江源生态系统的问题、变化和需求、草地管理解决方案和监测评价体系进行研究。

首先,需要明确生物多样性维持机制及生态系统功能演变机理、生态保护与可持续管理技术、生态适应性综合管理与调控模式和体制机制及政策咨询等三江源草地生态系统的问题、变化和需求(图2)。

其次,实施基于自然的解决方案,面向典型功能区的生态恢复和区域生态综合治理措施,根据不同区域、功能及退化程度确定人类干预的程度、选择不同的自然解决模式,自然解决模式包括再野化、康复、重建、复垦和替代5种模式<sup>[26]</sup>。另外,草地牧草供给和家畜营养需求的季节性不平衡,降低了物质和能量的转化效率,浪费了大量的牧草资源,且家畜饲养周期长、出栏率低是制约三江源畜牧业发展的最大瓶颈<sup>[4,5]</sup>。因此,应在基于草地饲草资源量、野生草食动物数量和需求、家畜需求量、季节性变化以及季节性差异等参数,分区实现相应的目标和任

2020年1月

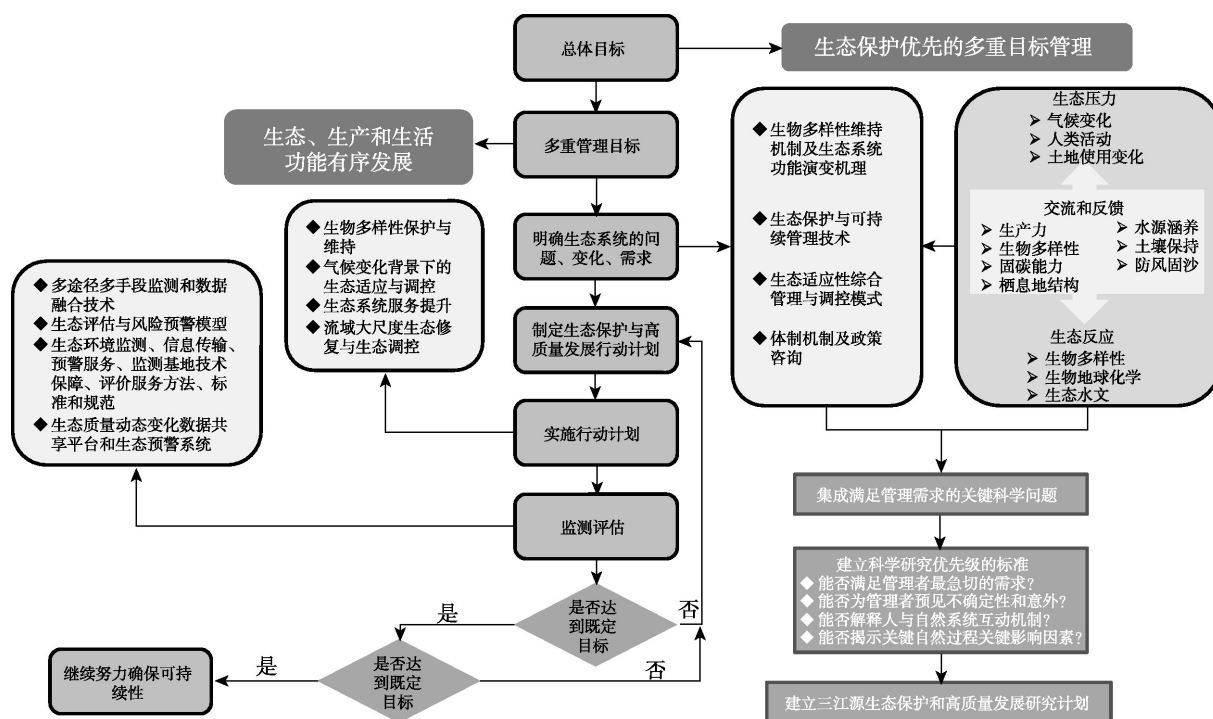


图2 三江源草地多重目标管理途径

Figure 2 A framework of grassland multi-objective management in the Sanjiangyuan region

务(表1)。推行畜群优化管理,改变传统的畜牧业经营方式,由自然放牧向舍饲半舍饲的饲养方式转变,推行标准化的集约舍饲畜牧业,实行“返青期休牧”<sup>[28,29]</sup>和“暖牧冷饲两段式养殖”<sup>[30]</sup>新模式,加强良种培育和良种改良。在每年的10—11月份转移大批牲畜到农牧交错区和河谷农业区<sup>[5,10,24]</sup>,减轻天然草场的家畜放牧压力和释放野生草食动物生存空间,充分利用农牧交错区和河谷农业区的饲草料资源进行营养均衡养殖,促进饲草资源和家畜资源在区域空间上的转移和流动,提高草地资源的利用效率<sup>[10]</sup>。通过区域耦合优化资源空间配置来解决草地和草食动物矛盾和季节不平衡,保护草原生态环境。

最后,建立多途径多手段监测和数据融合技术,生态评估与风险预警模型,生态环境监测、信息传输、预警服务、监测基地技术保障、评价服务方法、标准和规范,生态质量动态变化数据共享平台和生态预警系统等监测评价体系(图2)。

## 5 结论与展望

三江源草地具有生态功能、生产功能及由生态

和生产功能支撑的生活功能,形成生态保护、生态体验、科学研究、环境教育和社区发展等多重目标。草地的不同功能赋予其不同的目标和价值。对于生态系统,三江源具有保护生态系统完整性和原真性并使之可持续发展的价值;对于生活在三江源区域的藏民族,三江源既是其活动场所,又提供了各项参与式管理活动(如生态管护员),并在此经历过程中当地牧民得到了环境教育体验;对于社区,三江源为社区的绿色发展提供生产技术和模式,并通过态度—行为模式,强化社区对环境的负责任行为;对于政府、企业、社会组织等相关利益群体,三江源提供了经济、社会价值。

实现三江源草地多重目标的核心是草地可持续管理,解决保护与发展的关系,解决人民对美好生活向往与区域发展不均衡、不平衡的问题,其关键点就是放牧管理和草畜平衡。因此,在三江源草地管理中要关注:

(1)加强大数据分析和新技术运用的多学科交叉融合生态学研究,量化辨识气候变暖和人类活动对生态过程的作用及其应对机制。主要开展物种



及其数量、植被分布格局和变化、物种衰退及恢复的遗传学机制、物种生态适应策略及物种间级联关系,陆气相互作用及其水资源效应、冻土变化及其对植被的影响和生态系统功能对全球变化的响应和反馈等科学问题的研究。

(2)针对保护生命支持系统和可持续利用等区域发展问题,主要进行植物物种及药材资源保护及利用技术、草地资源合理利用技术、草食野生动物与家畜平衡途径及范式和绿色发展路径及可持续管理模式与示范等技术模式的研发与创建。

(3)针对生态适应性综合管理与系统调控的模式创建的问题,开展区域生态承载力评估,突破生态监测、评估与预警技术,构建三江源生态监测网络体系,实施对生态安全格局动态变化的跟踪监测,加强生态安全调控和管理技术的研发,有效提升三江源生态建设和生态安全的决策与管理支撑能力,为三江源区生态工程的布局和国家生态安全屏障构建,维护三江源区生态安全,实现黄河流域生态保护和高质量发展、国家生态文明战略提供科技支撑。

### 参考文献(References):

- [1] 董锁成,周长进,王海英. “三江源”地区主要生态环境问题与对策[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6): 713-720. [Dong S C, Zhou C J, Wang H Y. Ecological crisis and countermeasures of the Three Rivers' s Headstream regions[J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(6): 713-720.]
- [2] 潘保田,李吉均. 青藏高原: 全球气候变化的驱动机与放大器: Ⅲ. 青藏高原隆起对气候变化的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1996, 32(1): 108-115. [Pan B T, Li J J. Qinghai-Tibetan Plateau: A driver and amplifier of the global climate change: Ⅲ. The impact of climate change on the Qinghai-Tibet Plateau' s uplift[J]. Journal of Lan Zhou University (Natural Sciences), 1996, 32(1): 108-115.]
- [3] 第二次青藏高原综合科学考察研究队. 三江源国家公园生态系统: 现状、变化及管理[M]. 北京: 科学出版社, 2019. [The Second Tibetan Plateau Scientific Expedition and Research Group. Ecosystems in Sanjiangyuan National Park: Status, Changes and Managements[M]. Beijing: Science Press, 2019.]
- [4] 王德利,王岭. 草地管理概念的新释义[J]. 科学通报, 2019, 64(11): 1106-1113. [Wang D L, Wang L. A new perspective on the concept of grassland management[J]. Chinese Science Bulletin, 2019, 64(11): 1106-1113.]
- [5] 赵新全. 三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理[M]. 北京: 科学出版社, 2011. [Zhao X Q. Rehabilitation and Sustainable Management of Degraded Grassland Ecosystems in Sanjiangyuan Regions[M]. Beijing: Science Press, 2011.]
- [6] 杜际增,王根绪,李元寿. 近45年长江黄河源区高寒草地退化特征及成因分析[J]. 草业学报, 2015, 24(6): 5-15. [Du J Z, Wang G X, Li Y S. Rate and causes of degradation of alpine grassland in the source regions of the Yangtze and Yellow Rivers during the last 45 years[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2015, 24(6): 5-15.]
- [7] 赵亮,李奇,陈懂懂,等. 三江源区高寒草地碳流失原因、增汇原理及管理实践[J]. 第四纪研究, 2014, 34(4): 795-802. [Zhao L, Li Q, Chen D D, et al. Principles of alpine grassland ecosystems carbon sequestration and management practices on Sanjiangyuan Regions, Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Quaternary Sciences, 2014, 34(4): 795-802.]
- [8] Holling C S. Adaptive Environmental Assessment and Management [M]. New York: John Wiley, 1978.
- [9] Holling C S. Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems[J]. Ecological Monographs, 1992, 62(4): 447-502.
- [10] Zhao X Q, Zhao L, Li Q, et al. Using balance of seasonal herbage supply and demand to inform sustainable grassland management on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 2018, 5(1): 1-8.
- [11] 许茜,李奇,陈懂懂,等. 近40 a三江源地区土地利用变化动态分析及预测[J]. 干旱区研究, 2018, 35(3): 695-704. [Xu Q, Li Q, Chen D D, et al. Land use change in the Three-River Headwaters in recent 40 years[J]. Arid Zone Research, 2018, 35(3): 695-704.]
- [12] 邵全琴,樊江文. 三江源区生态系统综合监测与评估[M]. 北京: 科学出版社, 2012. [Shao Q Q, Fan J W. Comprehensive Monitoring and Evaluation of Ecosystem in the Sanjiangyuan[M]. Beijing: Science Press, 2011.]
- [13] 宋瑞玲,王昊,张迪,等. 基于MODIS-EVI评估三江源高寒草地的保护成效[J]. 生物多样性, 2018, 26(2): 149-157. [Song R, Wang H, Zhang D, et al. Conservation outcomes assessment of Sanjiangyuan alpine grassland with MODIS-EVI approach[J]. Biodiversity Science, 2018, 26(2): 149-157.]
- [14] 贡布泽仁,李文军. 草场管理中的市场机制与习俗制度的关系及其影响: 青藏高原案例研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1637-1647. [Gongbu Z R, Li W J. The role of market mechanisms and customary institutions in rangeland management: A case study in Qinghai Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(10): 1637-1647.]
- [15] Hafner S, Unteregelsbacher S, Seeber E, et al. Effect of grazing on

2020年1月

- carbon stocks and assimilate partitioning in a Tibetan montane pasture revealed by  $^{13}\text{C}$  pulse labeling[J]. *Global Change Biology*, 2012, 18(2): 528–538.
- [16] Zou J R, Zhao L, Xu S, et al. Field  $^{13}\text{C}$  pulse labeling reveals differential partitioning patterns of photoassimilated carbon in response to livestock enclosure in a *Kobresia* meadow[J]. *Biogeosciences*, 2014, 11(16): 4381–4391.
- [17] Zou J R, Luo C Y, Xu X L, et al. Relationship of plant diversity with litter and soil available nitrogen in an alpine meadow under a 9-year grazing exclusion[J]. *Ecological Research*, 2016, 31: 841–851.
- [18] 李奇, 胡林勇, 陈懂懂, 等. 基于N%理念的三江源国家公园区域功能优化实践[J]. *兽类学报*, 2019, 39(4): 347–359. [Li Q, Hu L Y, Chen D D, et al. Practice of regional function optimization in Sanjiangyuan National Park based on N%[J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2019, 39(4): 347–359.]
- [19] 甄霖, 曹淑艳, 魏云洁, 等. 土地空间多功能利用: 理论框架及实证研究[J]. *资源科学*, 2009, 31(4): 544–551. [Zhen L, Cao S Y, Wei Y J, et al. Land use functions: Conceptual framework and application for China[J]. *Resources Science*, 2009, 31(4): 544–551.]
- [20] 张继平, 刘春兰, 郝海广, 等. 基于MODIS GPP/NPP数据的三江源地区草地生态系统碳储量及碳汇量时空变化研究[J]. *生态环境学报*, 2015, 24(1): 8–13. [Zhang J P, Liu C L, Hao H G, et al. Spatial-temporal change of carbon storage and carbon sink of grassland ecosystem in the Three-River Headwaters Region based on MODIS GPP/NPP data[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2015, 24(1): 8–13.]
- [21] 刘兴元, 龙瑞军, 尚占环. 青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制[J]. *生态学报*, 2012, 32(24): 7688–7697. [Liu X Y, Long R J, Shang Z H. Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(24): 7688–7697.]
- [22] 鲁春霞, 谢高地, 肖玉, 等. 青藏高原生态系统服务功能的价值评估[J]. *生态学报*, 2004, 24(12): 2749–2755. [Lu C X, Xie G D, Xiao Y, et al. Ecosystem diversity and economic valuation of Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2749–2755.]
- [23] 向宝惠, 曾瑜哲. 三江源国家公园体制试点区生态旅游系统构建与运行机制探讨[J]. *资源科学*, 2017, 39(1): 50–60. [Xiang B H, Zeng Y X. Ecotourism construction and operating mechanism in the Sanjiangyuan National Park System Pilot Area, China[J]. *Resources Science*, 2017, 39(1): 50–60.]
- [24] 许茜, 李奇, 陈懂懂, 等. 三江源土地利用变化特征及因素分析[J]. *生态环境学报*, 2017, 26(11): 1836–1843. [Xu Q, Li Q, Chen D D, et al. The spatial-temporal characteristic of land use change in Sanjiangyuan Region and its effect factors[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2017, 26(11): 1836–1843.]
- [25] 赵亮, 李奇, 陈懂懂, 等. 中国草地生态系统碳增汇技术途径及其潜力[A]. 于贵瑞, 赵新全, 刘国华. 中国陆地生态系统碳增汇技术途径及其潜力分析[M]. 北京: 科学出版社, 2018. [Zhao L, Li Q, Chen D D, et al. Approaches for Increasing Carbon Sink of Grassland Ecosystems in China and Its Potentials[A]. Yu G R, Zhao X Q, Liu G H. Approaches for Increasing Carbon Sink of Terrestrial Ecosystems in China and Its Potential Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2018.]
- [26] 赵亮, 徐世晓, 周华坤, 等. 高寒草地管理手册[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2013. [Zhao L, Xu S X, Zhou H K, et al. Management Manual of Alpine Grassland[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technique Press, 2013.]
- [27] 刘哲, 李奇, 陈懂懂, 等. 青藏高原高寒草甸物种多样性的海拔梯度分布格局及对地上生物量的影响[J]. *生物多样性*, 2015, 23(4): 451–462. [Liu Z, Li Q, Chen D D, et al. Patterns of plant species diversity along an altitudinal gradient and its effect on above-ground biomass in alpine meadows in Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(4): 451–462.]
- [28] Zhao L, Chen D D, Zhao N, et al. Responses of carbon transfer, partitioning, and residence time to land use in the plant-soil system of an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2015, 51(7): 781–790.
- [29] 李林栖, 马玉寿, 李世雄, 等. 返青期休牧对祁连山区中度退化草原化草甸草地的影响[J]. *草业科学*, 2017, 34(10): 2016–2023. [Li L Q, Ma Y S, Li S X, et al. Effects of rest-grazing in the regreen-up period on moderately degraded steppification meadow of Qilian Mountain[J]. *Pratacultural Science*, 2017, 34(10): 2016–2023.]
- [30] 马玉寿, 李世雄, 王彦龙, 等. 返青期休牧对退化高寒草甸植被的影响[J]. *草地学报*, 2017, 25(2): 290–295. [Ma Y S, Li S X, Wang Y L, et al. Effects of rest-grazing in the greenup period on degraded vegetation in alpine meadow[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(2): 290–295.]



## Multi-functionality and management of grassland in the Sanjiangyuan region

ZHAO Liang<sup>1,2</sup>, LI Qi<sup>1,2</sup>, ZHAO Xinquan<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, CAS, Xining 810008, China; 2. Institute of Sanjiangyuan National Park, CAS, Xining 810008, China)

**Abstract:** As one of the representative regions of the third pole on Earth, Sanjiangyuan has unique species and ecosystems composed of these species. It develops and maintains large areas of original alpine ecosystem, and is an important source of fresh water for China and Asia. It is also the source and key area of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Ecosystem services, natural landscapes, and biodiversity have conservation value of national and global significance. Grassland is the main type of vegetation in the Sanjiangyuan region. Due to many ecological, environmental, and social problems caused by inappropriate grassland use, grassland management and governance is not only a pastoral resource management issue, but also an issue of river basin management of the Yellow River, the Yangtze River, and the Lantsang River Basins. This article summarized the present situation, problems, and demands of grassland management in the Sanjiangyuan region. Multi-objective management goals were proposed based on the ecosystem service functions of the grassland and human demands for production-ecological protection-livelihood security. A multi-objective management framework was put forward, and the regulatory approach and technical support for the multi-objective management of grassland in the Sanjiangyuan region were established. These will provide an important inspiration and guidance for the sustainable ecological development of the region, the construction of national parks, the development of ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin, and subsequent formulation of relevant policies.

**Key words:** Sanjiangyuan; grassland; multi-functionality; multi-objective management; regulatory approaches; adaptive management