

草地管理概念的新释义

王德利*, 王岭

东北师范大学环境学院, 植被生态科学教育部重点实验室, 长春 130024

* 联系人, E-mail: wangd@nenu.edu.cn

作为地球陆地最大的生态系统, 草地(grassland)约占陆地总面积的 25%. 我国草地总面积为 $3.31 \times 10^6 \text{ km}^2$, 约占国土总面积的 41%, 其中绝大部分为天然草地, 人工(栽培)草地仅占草地总面积的 3.1%^[1]. 草地既是畜牧业的主要生产基地, 持续不断地提供肉、奶、皮、毛等高质量畜产品, 也是北方区域的主要生态屏障, 对牧区及邻近区域的生态环境有着不可替代的稳定作用; 同时, 草地还是多个游牧民族的“发祥地”, 对“草原文化”的形成、发展及社会稳定具有独特价值. 对于这种“可更新”且具有“活资本”(living capita)性质的草地资源的利用, 自有人类存在(远长于历史记录)以来就已经开始. 经过人类社会数千年的演进, 既形成了早期的传统草地利用方式, 诸如游牧、季节放牧与刈割等, 也发展、建立了现代草地利用方式, 包括划区轮牧、牧刈轮换、草场改良等. 那么, 如何实施合理而有效的草地管理, 使草地结构与功能持续稳定, 草地资源效力获得充分发挥, 最终提升草地畜牧业发展水平, 并且维持草地生态系统服务, 是草原牧民、各级政府及社会的基本要求.

草地管理既是草地科学领域的关键研究内容之一, 也是维系草地可持续性生产、实现草原牧区自然与社会协调发展的主要技术手段. 在传统意义上, 草地管理具有相对确定的内涵与范畴. 草地管理一般是作为草地生产或经营的一种“常规工具或技术手段”, 学术界、政府管理部门或公众(牧民)对这一概念或术语的认识与界定已经形成共识. 然而, 随着在“人类世(Anthropocene)”中草地经历着不断加剧的气候变化和高强度的人类活动干扰, 而社会对多样化的“草地产品与服务”的需求日益增长, 对草地(生态系统)的研究与认识水平不断加深, 特别是草地管理这一概念的内涵及意义的认识逐渐发生改变. 北美与欧洲等国家的研究者与管理者, 已经越来越多地关注草地的“生态功能”, 强调草地能够提供丰富的“生态系统产品或服务”(ecosystem goods and services)^[2]. 同样地, 我国政府管理部门也提出专门的草地利用政策或原则——“生产、生态并重, 生态优先”^[3], 并且于 2014 年在科学家们的推动下提出了“草牧业”(Grass-based Livestock Husbandry)的新理念^[4]. 由此, 需要对新时代下草地管理的内涵、范畴及意义有更为准确而深入地认识与把握, 进而才能有效地实施草



王德利 博士, 教授, 东北师范大学环境学院院长与植被生态科学教育部重点实验室主任, 中国草学会副理事长. 研究领域为草地生态学. 先后承担国家重点基础研究发展计划、国家重点研发计划、国家自然科学基金重点项目及欧盟第七框架协议等 30 多个项目, 教育部“创新团队发展计划”负责人.

地资源的利用及管理, 持续不断地获得更多优质的“草地产品与服务”.

1 草地管理的传统涵义

草地或草原在传统上始终是被看作与森林、海洋、湿地、荒漠类似的一种“自然资源”, 可以按照人类的目的或社会之需要, 以草地为直接载体, 生产出食物、原材料及其他产品. 那么, 草地的基本属性在广义上体现于一种重要的“生产资料”, 而在狭义上草地可以作为“生产资料”中“物”的因素. 自然地, 草地或草地资源就成为牧区或牧民赖以生存及发展的物质基础. 若期望获得较多的动物性产品或畜产品, 一方面可以通过草地资源(牧草-土壤-水等)的均衡利用, 优化家畜放牧, 加速牧草转化, 使草地关键生产环节与系统效率提升; 另一方面也能够通过防控草地各种环境与生物灾害(雪灾、病虫害等), 以减小草畜产品生产过程的损失而获得. 这样就需要对草地系统进行有目的或定向“干预”, 将草地利用的实践经验进行凝练总结, 加之依据科学实验的结果进行验证、调整及集成, 制定实施具有科学基础的规范化草地利用技术, 就形成草地管理的一般范式.

草地管理通常被定义为: 以生产草畜产品为目的, 即通过在草地上直接放牧牛、羊、马等草食动物, 获得肉、奶、毛等畜产品, 或者通过刈割收获干草或调制青贮饲料, 再进行饲养草食动物而获得畜产品的生产方式. 从这种定义可见, 传统的草地管理突出的是“生产性”目标, 而草地管理的核心则是采用各种科学或技术方法获得并保持较

高的草地生产力(grassland productivity)(图1)。草地的动物生产力与植被生产力之间呈正向关系,后者为前者的基础。天然草场的草群茂密、牧草生长良好,即水草丰美,家畜的放牧生产效益就较高;同样对于人工草地也能够通过建植高产优质牧草以供放牧,或者收获草产品。

在草地经营中,既需要同时保持较高的植被生产与动物生产,又需要使两者之间保持协调平衡,这样才能实现草地较高的系统生产力水平(图1)。实际的草地管理主要包括草场管理(range management)和家畜管理(livestock management)。通过草场管理,特别是植被生产或改良技术,以维持或提升植被生产力;在此基础之上,以家畜管理,尤其是放牧制度(grazing system or regime)及相关技术达到家畜的增重或增殖,即获得动物生产力之目的。草地畜牧业的生产通常被看作是“牧草-土壤-家畜”系统之间的物能转化与流动过程。草地生产者或管理者可以通过一系列有效的技术或管理方式实现整个生产系统内的物能良性转化,降低物能损耗,加速关键环节的转化效率,最终获得较高的草畜生产效益^[5,6]。

尽管传统的草地管理涉及的内容较多,但最为重要的有两个方面。其一,草地上适宜的家畜载畜量(carrying capacity)或放牧率(stocking rate)对维持“牧草-土壤-家畜”系统的正常运行,从而获得较高的草地生产力,这是最主要而关键的调控因素。过高的载畜量或放牧率会降低草地的植物再生性、物种多样性,影响植被生产力、稳定性及可持续性;相反过低的载畜量或放牧率不利于草地资源的充分利用,难以获得总体生产效益。因此,在草地管理的理论与实践,如何确定依据不同区域水土条件与草地类型的最适家畜放牧率(optimal stocking rate)或最大载畜量(maximum carrying capacity)成为普遍而主要的问题。确定最适放牧率或最大载畜量的一种最普遍方法,是通过依据随着放牧率或载畜量的增大分别获得家畜个体增重与家

畜总增重曲线,这两条曲线的交叉处的垂足即为最适放牧率或最大载畜量^[7,8]。然而,这种方法仅仅是依据家畜生产,没有考虑对草地植被的作用效果。其二,草地管理的基本形式是以草场利用或家畜管理方式具体呈现。迄今已经建立了各种草场利用与家畜管理方式,诸如放牧制度、割草制度(mowing regime)、补饲(supplementary feeding)方法等。家畜的放牧制度在草地管理中占有突出地位,因为家畜放牧是数千年延续下来的草地最简单、最经济、最有效的利用方式。21世纪以前的许多放牧研究是比较轮换放牧(rotational grazing)与连续放牧(continuous grazing)两种基本放牧制度的优劣。一般地,轮换放牧被作为能够均衡、充分利用草地资源,而不会造成草地退化的有效放牧方式,但从家畜的生产效益角度看,轮换放牧与连续放牧几乎没有差异^[9]。

在二十世纪八九十年代以前,支撑草地管理的基础理论主要是基于“牧草-土壤-家畜”系统的角度(图1),产生于牧草学与畜牧学的一些理论,诸如牧草的再生生长机理(牧草的补偿生长、组织流动与转化)、家畜的营养平衡理论(补饲)、草食动物的放牧模型与理论(食性选择、优化放牧)等^[9,10]。由于草地本身的变化与草地利用效果也需要从其他相关学科获得解释与支持,因而农学、土壤学、气候与水文学等方面的一些知识或原理也被应用于草地管理之中。从20世纪80年代后,生态学的理论或原理开始越来越多地被应用到草地管理的一些层面,例如,草地生产力的氮限制原理、草地植被的演替理论、草地放牧系统的稳定性假说等^[11,12]。通过近20年的文献计量分析发现,对于传统草地管理的理论与实践始终处于稳步上升趋势(从1995年的180篇到2015年的700余篇,图2)。无疑,这说明草地管理的理论与实践还远未达到令人满意的程度。

在新西兰、澳大利亚、美国、英国等草地畜牧业发展水平较高的国家中,无论是对天然草地,还是人工草地,较多的相关学科的理论或原理得到广泛应用,其结果是,草地管理的形式发展为以“集约化管理”(intensive management)为特征。这种管理强调将草地系统的各种生产要素紧密地结合在一起,采用较高水平的物能及管理投入,最终获得较多的系统产出。然而,对于多数亚非国家或区域,草地管理则是一种“半经验、半技术”性质的管理方式。例如,我国的新疆、西藏与青海地区,以及蒙古国、中亚的大部分牧区,草地利用的主要方式,或是在定居条件下的自由放牧,或是以“逐水草而居”、“季节牧场”等游牧(nomadic grazing)。在草场面积广阔、家畜放牧压力不高的情况下,后者十分有效。至今,在新疆、西藏尽管全面实施“定居工程”,但其主要草地利用方式仍为游牧;在蒙古国几乎所有牧民仍然采用传统的游牧方式。从根本上看,延续数千年之久的游牧式草地管理是一种宏观(大尺度)的草畜平衡控制。

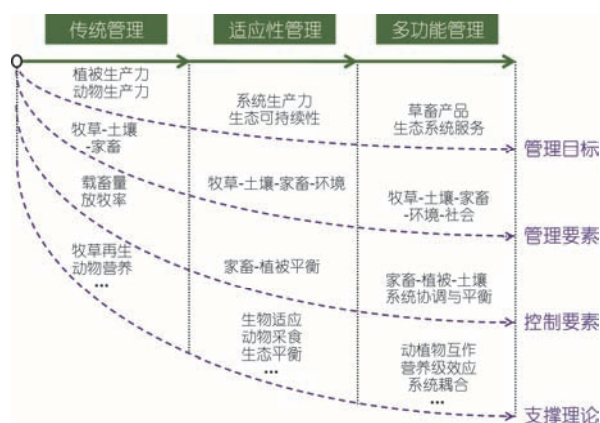


图1 (网络版彩色)草地管理内涵的演变过程

Figure 1 (Color online) The evolution process of grassland management connotation

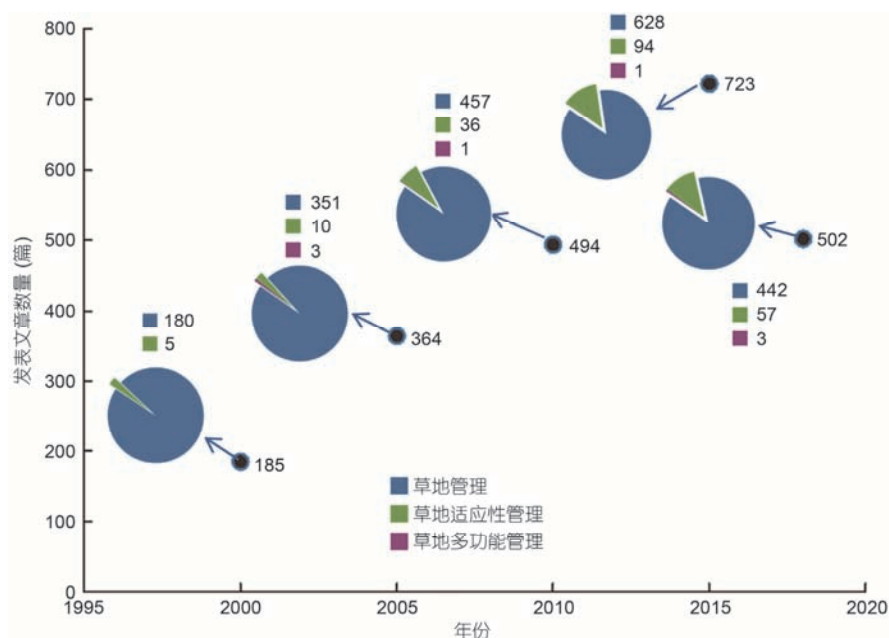


图2 不同阶段(1995~2017年)有关草地管理的研究论文数量变化。数据来源: 文摘与引文数据库和中国知识资源总库

Figure 2 Changes in the research literatures on grassland management from 1995 to 2017. Data originated from Scopus and China Knowledge Resource Integrated Database

随着社会经济发展,人口不断增加,无疑加剧对畜产品的刚性需求,由此不可避免地造成在大部分草地的超载过牧(内蒙古草原地区 2015 年各类家畜总量为 1986 年的 3.11 倍,数据来源: <http://www.nmgtj.gov.cn/acmrdatashow-nmgpub/>),草地开始出现大面积的退化、沙化、盐碱化;加之近 30 年的气候干旱与极端气候事件反复加重,草地或牧区面临的这些问题与日俱增,这不仅给牧区的草地管理带来各种实际困难,也给草地科学的研究者提出了新挑战。传统的草地管理观念、内涵及范畴需要拓展,支撑草地管理的相关学科理论基础也应深化与完善。

2 适应性草地管理

进入工业化革命的后期,特别是近半个世纪以来,以气候变化(climate change)为主要特征的环境变化对草地的生态过程与功能影响越来越深刻。气候既是草地的主要环境条件,也是草地生产中不可缺少的资源。由于持续不断地水热供给,草地植被才得以生长发育,形成可供草食家畜利用的植物生产力。但是,近几十年大气二氧化碳浓度快速增加(2017 年达到平均 0.4‰)与气温上升导致的频繁干旱化(中国草地分布区平均每年气温增加 0.04℃,降水减少 0.39 mm)^[13],以及气候变异带来的多种气象灾害都对草地产生多方面现实与潜在影响^[14]:其一,草地面积出现不同程度减少;其二,草地植被生产力下降;其三,主要草原牧区的雪灾、旱灾、鼠虫害等发生频率与面积增加^[1]。大量的观察与实验研究表明,气温增加、降雨格局改变,

以及氮沉降(nitrogen deposition)的加剧对草地的许多生态过程及功能(生产力、养分循环、食物网、稳定性等)都能产生复杂的影响,既包括正向与负向影响(例如,降雨与氮沉降增加可以提高植被生产力;氮沉降增加与干旱导致生物多样性降低),也包括短期与长期影响(例如,氮沉降短期能够降低植物多样性,而长期可能出现植物多样性恢复的现象)^[14~16]。此外,草地面临的全球变化还包括生物多样性丧失、土地荒漠化、土壤污染等。越来越多的国内外研究表明,这些全球变化问题都给正常的草地管理带来了前所未有的挑战^[17,18]。因此,在草地利用过程中,其管理要素已经不仅局限于传统的“牧草-土壤-家畜”,需要直面草地的环境条件,尤其是气候变化要素。

如何适应自然与人为压力,需要开展有针对性的草地管理模式,即适应性草地管理(adaptive grassland management)。这种草地管理新理念是源于生态系统适应性管理(adaptive management of ecosystem)而提出。适应性管理实际上是对生态系统的一种动态管理方式,是指通过反复试验和假设检验,不断积累经验和反馈知识,通过控制性的科学管理、监测来调整有关措施,以便更好地管理生态系统,进而满足生态系统容量和社会需求的变化^[19]。如果期望持续而稳定地获得生态系统服务或生态产品,必须考虑管理系统的生态可持续性(ecological sustainability)(图 1)。开展适应性草地管理的主要思路是:首先源于草地作为生产资料本身这一属性,其次考虑如何适应多变的环境压力进行调整。草地利用价值的实现既要取决于草地本身(作

为使用对象)的状态和生产能力,也同时依赖于草地利用管理(作为使用过程)的技术或管理政策的合理性与先进性,这两个方面不可或缺,更需要一并考虑。在此基础上增加从系统整体上应对草地环境压力的改变。显然,草地管理的“适应性”主要是针对草地本身的生态可持续性的维持,同时协同于降低环境改变的负效应。针对草地开展适应性管理的难度极大,这是因为:首先,草地是陆地最大的生态系统,其规模或面积本身就决定草地的管理范围广泛、且差异化程度高,任何决策与实施的成本都会很高;其次,目前的适应性管理是在草地经历着空前的高强度利用下开展的,而环境变化增加了草地管理的“新负载”,这种管理的难度超过其他土地类型;最后,与其他生态系统一样,草地环境变化极其复杂,迄今人类对环境变化的行为动态、关键过程及内在作用机制等认识还极其有限,如何制定出针对性、可操纵性的草地管理方式还缺乏坚实的科学基础。幸运的是,这方面的研究发展已经十分迅速,以适应性草地管理为题的研究论文,从2005年的10篇增加到2015年的近百篇(图2)。

环境改变中的气候变化十分突出,气候变化影响草地生态系统的稳定性,气候变异又加大了生态系统变化的不确定性,这些都使草地的生态可持续性维持的难度加大。目前,限于人类现有的技术能力,对于气候变化带来的对草地的影响,总体上还是处于一种低水平的被动顺应阶段。对于气候变化产生的正向效应,草地管理的应对措施相对简单,可以有限地提高草地利用强度。例如,由于降雨时空格局变化,在2016~2017年内蒙古荒漠草原生产力高于草甸草原(2016年呼伦贝尔的贝加尔针茅草甸草原与乌兰察布的短花针茅荒漠草原的分别为143.6与163.2 g/m²,据研究者野外观测的未发表数据)。这种情景对区域或局部的草地管理来说,甚至不需要任何技术或策略调整,因为这种变化并不长久。相对地,对于气候变化产生的负向效应,草地系统的变化既复杂,又难以预测,草地管理的应对技术及策略变得十分困难。从根本上看,气候变化情景下草地的生物多样性、生产力及稳定性等特征变化,最终作用于草地的生态可持续性。应对这种变化的草地管理控制因素还需要回归到“家畜-植被平衡”(图1),即通过实施合理有效的利用方式,包括最适的动态放牧率、割草强度、畜群组合等来调控草地的主要生态关系,使之缓解由于气候变化带来的系统稳定性及持续性降低的倾向。有关这方面研究已有较多进展,一些理论(生物多样性、动物采食、营养级互动等)研究也为适应性草地管理提供了可能的技术基础。

世界的草地约有60%以上出现退化,在我国温带草原有接近90%处于退化状态(据研究者未发表数据)。因此,我国当前的草地适应性管理更主要是针对草地的退化(grassland degradation)而言。草地退化的原因与形式可能不同,而一般都存在明显的退化程度差异。因此,草地恢复管理的思路涉及以下多个方面:一是草地退化状态,这

反映草地自身的恢复力,任何恢复技术都应该考虑利用草地的这种特性;二是依据草地退化状态采用差异化的恢复方法或技术,例如,依据草地的轻度、中度、重度程度可以分别采用围栏休牧、围栏封育、围栏种草等方式(图3);三是草地的恢复不仅要注重表现的植被改良,更需要强调土壤的改良,最终是草地的系统恢复;四是对于大部分退化草地,最有效而可行的草地恢复方式可能是利用中的恢复技术,有越来越多的研究证明,利用适度的家畜放牧能够促进植物再生,加速草地的营养循环^[20],从而提升退化草地的恢复效率。若期望以上各种草地恢复技术得以发展,还需要加强草地恢复理论的基础性研究。

值得注意的是,在各种草地适应性管理中,都需要考虑草地生态系统本身具有的对环境干扰的自适性(self-adaptation)或抵抗性(resistance),特别是全球变化导致的草地变化,在短期内可能十分显著,经历较长的时间可能会逐渐适应,这会有利于草地管理目标的实现。

3 草地的多功能管理

草地适应性管理是对传统的草地管理从表观到内涵的延伸,在今后相当长的时间里这种管理方式的各个方面将会被不断深化。然而,这并没有局限对未来草地管理的认识及发展。当前,人类对草地的依赖或需要已不仅是将草地作为始终可以生产利用的“生产资料”,用于生产肉、奶、皮毛等家畜产品,同时也作为能够直接使用的“生活资料”,直接消费草地的“生态系统服务”,或将之体现于“生态产品”而消费(如草地的旅游观光),草地的生产、生态和生活功能的全方面需求已经日益被强调。

由于人类活动引发的大气二氧化碳升高、全球变暖、大气氮沉降等一系列全球气候变化问题,以及大面积草地出现严重退化问题,如何管理草地使其发挥重要的生态功能,诸如气候调节、养分循环、固碳释氧、水源涵养、土壤形成与保护、防风固沙和生物多样性维持等,已经成为当前草地科学与生态学研究的重点。因此,以“单一生产功能”为目标的传统草地管理思路已不能满足人类对当前草地多功能的迫切需求,草地管理的视角及内涵急需进一步扩展,未来的草地管理应该体现于一种“多功能管理”(multifunctional management)目标。草地正常的生态功能是实现草地可持续利用,进而体现其生产功能的先决条件,而生活功能是生态功能和生产功能的综合体现(“人-草-畜-生态-文化”有机结合的载体),因此,以“草地生态功能”为目标的草地管理是实现人类对草地“生产-生态-生活”多功能需求的关键所在^[21]。

在草地管理研究中,“植物(植被)生产力”一直被作为重要的指示性指标进行草地生态系统功能的评价。这种评价指标过于单一,难以反映草地的生态系统功能。最近的研究已提出并关注草地生态系统的多功能性(ecosystem

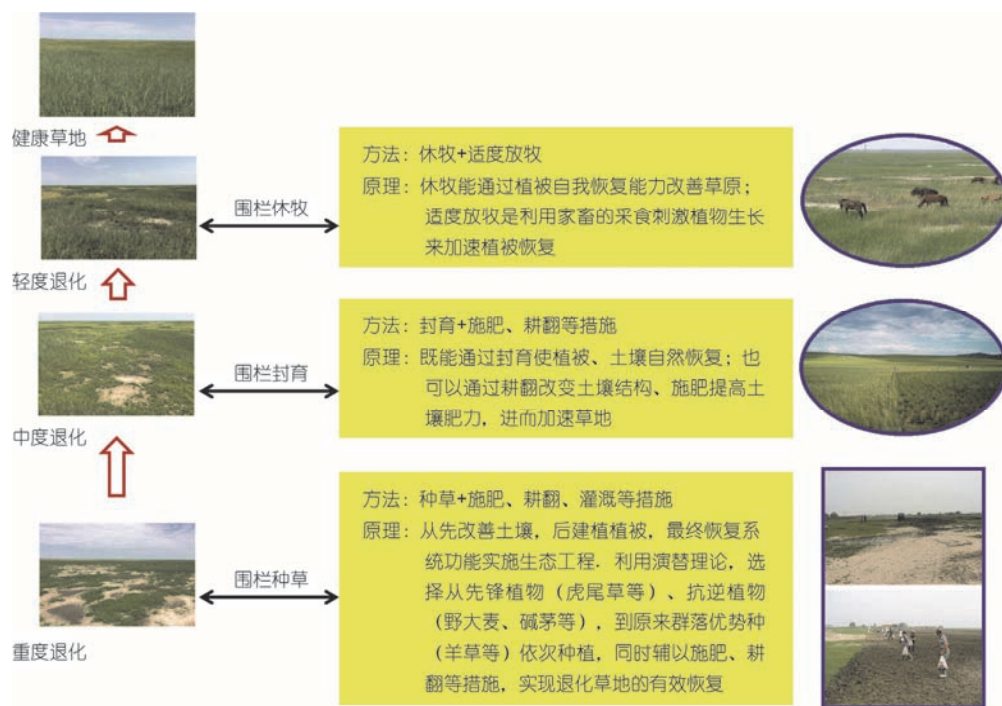


图3 退化草地的恢复利用

Figure 3 Restoration and utilization of degraded grassland

multifunctionality, EMF)评价^[22,23],即在草地生态系统功能的评价中,同时考虑植物的地上与地下生物量、植物的氮磷含量、土壤的可利用营养(氮磷)含量、水分含量,以及土壤的动物、微生物物数量及组成特征等多个生态系统属性。因此,以生态系统多功能性(EMF)为评价体系的草地管理研究,将成为未来草地管理的新方向,也将成为实现草地“生产-生态-生活”多功能管理目标的重要科学基础。效果研究表明,与单一功能相比,“生态系统多功能”对干扰的响应更敏感,因此“生态系统多功能性”也可能作为预测“生态系统的适应和调节能力是否降低”的一种重要警示指标^[24]。然而,需要注意的是,生态系统不同功能之间的权衡及协同可能制约着对多功能性的客观评价^[25,26]。所以,在未来的草地管理研究中,生态系统不同功能之间的权衡与协同关系应该是急需解决的重要科学问题。

近年来,生态学理论的快速发展为“以多功能为目标的草地管理”研究提供了重要理论参考,例如,生物多样性在维持生态系统功能中的重要作用。越来越多的研究发现,生物多样性与生态系统多功能性具有更强的相关关系,即维持生态系统多个功能比维持单个功能需要更多的物种^[27],这可能为指导草地放牧管理提供重要思路。在实现草地多功能的管理过程中,需要强调对草地生物多样性保护的特别而重要意义,生物多样性保护可能作为未来草地管理中的关键核心目标。由于生物多样性的剧烈变化会作用于草地整个生态过程,进而影响其生产与生态功能,那

么,通过调控生物多样性,就能够间接地实现草地多功能的管理目标。草地生物多样性既受到增温、降雨改变、氮沉降等气候变化影响,也强烈受制于放牧、刈割等作用,而后者则是草地管理中可调控因素。依据“中度干扰假说”(intermediate disturbance hypothesis),适度(中度)放牧有利于维持草地生物多样性。近年研究发现,除放牧强度之外,放牧家畜种类及其组合对生物多样性也有重要作用,即混合放牧能够维持较高的植物、昆虫等生物多样性^[28,29](图4)。可见,通过适度的混合放牧就可以提高生物多样性,进而维持草地系统的多功能性。

总之,多功能草地管理将要求草地实现更强大的生态系统功能。实际上,草地管理目标的实施应该在系统(复合系统)的水平开展,此外,还需要在“牧草-土壤-家畜-环境”

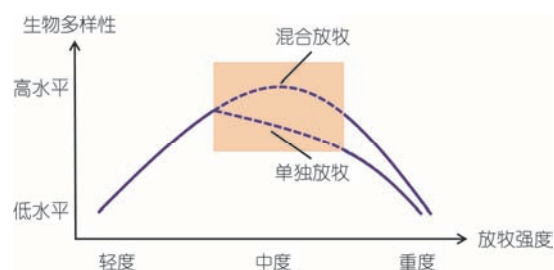


图4 草地放牧强度与生物多样性关系模式

Figure 4 Relationship between grassland grazing intensity and biodiversity

上附加“社会”方面的经济或政策等因素;其控制要素是以“家畜-植被-土壤的系统协调与平衡”为主线;而实现这些目的需要深厚的科学基础,诸如食物网理论、营养级效应调控理论、优化放牧及系统耦合理论等(图 1)。多功能管理就是草地的系统管理。草地的多功能输出是依靠强大生态系统功能来支撑,但这种管理的效果还需要借助人工辅助与调控技术才能达到。由于草地是处于非平衡态的开放系统^[11],若有系统外部的物能持续输入,加之精确的管理方式或措施(包括草地管理技术、系统控制技术、信息管理技术等),草地能够源源不断地输出多种服务或产品。草地的功能既可能存在“共同或复合”式输出,也可能是“此消彼长”式输出。迄今,我们对草地多功能的变化、它们之间关系,以及影响输出的作用因素与途径认识还极其有限,而这些认识是建立高效的草地精准管理、乃至智慧管理不可或缺的技术基础。

4 结语

草地管理的存在使草地成为地球上最大的被管理生态系统(managed ecosystems)。尽管人类对草地利用的历史

悠久,草地管理的方式及意义也发生变换,而管理水平决定着这个被管理系统的可持续性和服务效率。目前无论对于草地管理的基础理论研究,还是其技术实践都极具挑战性。今后需要深化草地管理的相关基础理论研究。草地是具有分布广泛、类型多样及动态开放等特点的复杂系统,认识与研究草地,既需要植物学、动物学与畜牧学、土壤学与水文学等单一学科理论,也需要像生态学、经济学、控制论及系统工程学等多学科的综合理论;当然,还应该建立、发展支撑草地管理的专门的学科理论与方法论。

应该说明的是,需要在客观认识人类能力或水平基础上开展草地管理的技术研究与实施。在没有人类高强度干扰下,草地管理利用基本上遵循着草地的“自然属性”。当干扰不断增强后,同时人类能力与智慧开始施加于草地管理,这时的草地管理利用演变为以“自然法则+人工辅助或调控”。自然法则必须是草地管理的主要基础,过度强调人工辅助或调控可能得不偿失(管理成本或风险将会显著增加),其目标也难以实现。迄今人类还难以有超自然的管理水平或能力,对于草地的“适度目标”需要与“管理强度”实施可能是现实的选择。

致谢 感谢美国田纳西大学的 Jie Zhuang 教授对英文摘要的润色,以及东北师范大学张一帆、陈颖、王镜植、赵璇对本文的绘图、数据整理与校对工作。

推荐阅读文献

- Li J D, Fang J Y. China Grassland Ecological Security and Food Safety Strategy Research (Vol. 3) (in Chinese). Beijing: Science Press, 2017 [李建东, 方精云. 中国草地生态保障与粮食安全战略研究(第三卷). 北京: 科学出版社, 2017]
- Maczko K, Hiding L. Sustainable Rangelands Ecosystem Goods and Services. <http://sustainableangelands.warnercnr.colostate.edu/>, 2008
- The State Council. Several opinions on promoting sound and rapid development of pastoral areas (Guofa [2011] No. 17) (in Chinese). [国务院. 关于促进牧区又好又快发展的若干意见(国发(2011)17号)]
- Fang J Y, Jing H C, Zhang W H, et al. On the theoretical system and practice of grass husbandry (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 1619–1631 [方精云, 景海春, 张文浩, 等. 论草牧业的理论体系及其实践. 科学通报, 2018, 63: 1619–1631]
- Laws J A, Pain B F, Jarvis S C, et al. Comparison of grassland management systems for beef cattle using self-contained farmlets: Effects of contrasting nitrogen inputs and management strategies on nitrogen budgets, and herbage and animal production. Agric EcoSyst Environ, 2000, 80: 243–254
- Wang D L, Yang L M. Grassland Ecology and Management and Utilization (in Chinese). Beijing: Chemical Industry Press, 2004 [王德利, 杨利民. 草地生态与管理利用. 北京: 化学工业出版社, 2004]
- Wilson A D, MacLeod N D. Overgrazing: Present or absent? J Range Manag, 1991, 44: 475–482
- Wang D L, Han G D, Bai Y G. Interaction between foraging behavior of herbivores and grassland resources in the eastern Eurasian steppes. In: Mc Gilloway D A, ed. Grassland: A Globe Resource. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005. 97–110
- Hodgson J. Grazing Management: Science into Practice. Harlow: Longman Group UK Ltd, 1990
- Prache S, Peyraud J L. Foraging behavior and intake in temperate cultivated grasslands. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Sao Pedro: Brazil Society of Animal Husbandry, 2001, 19: 309–319
- Hodgson J, Illius A W. The Ecology and Management of Grazing Systems. Wallingford: CABI International, 1998
- Barnes R F, Nelson J C, Collins M, et al. Forages: An Introduction to Grassland Agriculture. 6th ed. Ames: Iowa State University Press, 2003
- Zhou W, Gang C C, Li J L, et al. Spatial-temporal dynamics of grassland coverage and its response to climate change in China during

- 1982–2010 (in Chinese). *J Geogr*, 2014, 69: 15–30 [周伟, 刚成诚, 李建龙, 等. 1982–2010 年中国草地覆盖度的时空动态及其对气候变化的响应. *地理学报*, 2014, 69: 15–30]
- 14 Liu J, Cui Y, Li X, et al. Reversal of nitrogen-induced species diversity declines mediated by change in dominant grass and litter. *Oecologia*, 2018, 188: 921–929
- 15 Obermeier W A, Lehnert L W, Kammann C I, et al. Reduced CO₂ fertilization effect in temperate C₃ grasslands under more extreme weather conditions. *Nat Clim Change*, 2016, 7: 137–141
- 16 Craine J M, Nippert J B, Elmore A J, et al. Timing of climate variability and grassland productivity. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2012, 109: 3401–3405
- 17 Hou X Y, Yin Y T, Ding Y. An overview and prospects for grassland adaptive management in China (in Chinese). *Acta Pratacult Sin*, 2011, 2: 262–269 [侯向阳, 尹燕亭, 丁勇. 中国草原适应性管理研究现状与展望. *草业学报*, 2011, 2: 262–269]
- 18 DeLonge M, Basche A. Managing grazing lands to improve soils and promote climate change adaptation and mitigation: A global synthesis. *Renew Agric Food Syst*, 2017, 33: 267–278
- 19 Kremen C. Managing ecosystem services: What do we need to know about their ecology? *Ecol Lett*, 2005, 8: 468–479
- 20 Liu C, Wang L, Song X X, et al. Towards a mechanistic understanding of the effect that different species of large grazers have on grassland soil N availability. *J Ecol*, 2018, 106: 357–366
- 21 Xu R G, Ren J Z, Nan Z B. China Grassland Ecological Security and Food Safety Strategy Research (Vol. 1) (in Chinese). Beijing: Science Press, 2017 [旭日干, 任继周, 南志标. 中国草地生态保障与食物安全战略研究(第一卷). 北京: 科学出版社, 2017]
- 22 Maestre F T, Quero J L, Gotelli N J, et al. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science*, 2012, 335: 214–218
- 23 Jing X, Sanders N J, Shi Y, et al. The links between ecosystem multifunctionality and above- and belowground biodiversity are mediated by climate. *Nat Commun*, 2015, 6: 8159
- 24 Villnäs A, Norkko J, Hietanen S, et al. The role of recurrent disturbances for ecosystem multifunctionality. *Ecology*, 2013, 94: 2275–2287
- 25 Zavaleta E S, Pasari J R, Hulvey K B, et al. Sustaining multiple ecosystem functions in grassland communities requires higher biodiversity. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, 107: 1443–1446
- 26 Byrnes J E K, Gamfeldt L, Isbell F, et al. Investigating the relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality: Challenges and solutions. *J Methods Ecol Evol*, 2014, 5: 111–124
- 27 Isbell F, Calcagno V, Hector A, et al. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, 2011, 477: 199–202
- 28 Zhu H, Wang D L, Wang L, et al. The effects of large herbivore grazing on meadow steppe plant and insect diversity. *J Appl Ecol*, 2012, 49: 1075–1083
- 29 Liu J, Feng C, Wang D L, et al. Impacts of grazing by different large herbivores in grassland depend on plant species diversity. *J Appl Ecol*, 2015, 52: 1053–1062

Summary for “草地管理概念的新释义”

A new perspective on the concept of grassland management

Deli Wang^{*} & Ling Wang

Key Laboratory of Vegetation Ecology, Ministry of Education, School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

** Corresponding author, E-mail: wangd@nenu.edu.cn*

As the largest managed terrestrial ecosystem on the earth, grasslands play the irreplaceable important roles in the production of livestock husbandry, the protection of regional ecological environment, and the preservation of pastoral nationality and their cultural heritages. Grasslands are considered as natural resources supporting primarily for food production in the past but increasingly for human wellbeing now. The utilization efficiency and productivity of the grassland resources are strongly dependent upon grassland management practices such as grazing and cutting, forage production, vegetation stability, to name a few. The implication, scope, and significance of grassland resources continuously expand with increasing awareness and improved management of human on grassland values. Traditionally, grasslands are used as the important means of production and livelihood for human beings because they can provide sustainable livestock products (such as meat, milk, and wool) and ecological services (such as carbon storage and biodiversity conservation). At present, grasslands are often referred to as a living capital, and such capital benefit of grasslands is determined by grassland characteristics, management mode, and governance, and thereby grassland management is a central issue for grassland ecosystem sustainability. The traditional grassland management is mainly based on control of livestock carrying capacity or stocking rate, aiming at increasing animal and plant productivity. However, it is considerably difficult to determine a realistically achievable carrying capacity, given that natural grasslands are heterogeneous in vegetation and temporal primary production as a result of environmental fluctuations. As the impacts of environmental changes and human activities increase, it is necessary to carry out targeted grassland management (such as climate change adaptation, biodiversity loss, degradation). Adaptive grassland management emphasizes the maintenance of grassland systematical productivity and ecological sustainability by ensuring “livestock-vegetation balance”. That is, the practice of grassland management should conform to the complexity of frequent climatic stresses and intensively human disturbance. When social demand for grassland products and ecological services continues to increase, adaptive management strategy should transition towards multi-functional management strategy. The core of multi-functional management is to exert synergistic effects on the functions and services of grassland ecosystems. Such management involves vegetation, soil, livestock, environment, economy, and society. Only by optimizing and coupling the structure, process, and function of grassland ecosystem and applying auxiliary energy input and artificial regulation can the multi-functional management be accomplished. The development of grassland management practices needs not only strong multidisciplinary theoretical support but also robust technical foundation.

adaptive management, grassland utilization, grassland multi-functionality, climate change, balance between livestock and vegetation

doi: 10.1360/N972018-01036