

Theoretical Basis of Management Policies in Arid and Semi-Arid Grasslands in Northern China—A Case Study from Hulunbeier Grassland

Yaozhi Zhou^{1,2}, Saijing Hu³

¹Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi

²Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing

³Agricultural Technology Extending Centre of Ningxiang County Agriculture Bureau, Changsha

Email: zyzhn666@126.com

Received: Feb. 8th, 2014; revised: Mar. 12th, 2014; accepted: Mar. 26th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The policies of Grasslands management have a wide coverage and huge impact. Only have correctly understood the evolution mechanism of grassland ecological system and used it to guide the development of grassland management policies, we may be able to control the degradation trend of grassland in north China and to realize the grassland ecosystem's sustainable development. Equilibrium ecology theory and non-equilibrium ecology theory represent two ends of a spectrum of possibilities of grassland ecosystem evolution. The practical grassland ecosystem usually is at a state of a spectrum of possibilities between the two ends. Taking grassland of Hulunbeier as example, its ecosystem evolution has the characteristics of equilibrium and non-equilibrium at the same time. On the basis of summing up the success or failure experiences of drylands management in the whole world, Dryland Development Paradigm (DDP) synthesized the reasonable parts of equilibrium ecology theory and non-equilibrium ecology theory and was the latest development of drylands management philosophy. Directed by the principles of DDP, we can develop proper policies of grasslands management in accordance with the evolution characteristics and evolution history of particular objective grassland ecosystems.

Keywords

Grasslands Management Policies, Equilibrium Ecology, Non-Equilibrium Ecology, Drylands Development Paradigm

中国北方干旱半干旱区草地管理政策的理论基础分析——以呼伦贝尔草地为例

周尧治^{1,2}, 胡赛晶³

¹西藏农牧学院高原生态研究所, 林芝

²中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京

³宁乡县农业局农技推广中心, 长沙

Email: zyzhn666@126.com

收稿日期: 2014年2月8日; 修回日期: 2014年3月12日; 录用日期: 2014年3月26日

摘要

草地管理政策涉及面广、影响巨大。只有正确理解了草地生态系统的演化机制并用以指导草地管理政策的发展,才有可能控制我国北方草地整体退化的趋势,使草地生态系统成为一个可持续的系统。均衡生态学与非均衡生态学理论只是描述生态系统演化理论上存在的两个极端形式,现实中的生态系统处于均衡与非均衡之间的某一状态。呼伦贝尔草地演化过程同时表现出均衡性特征与非均衡性特征。干旱区发展范式(DDP)在总结全世界干旱区管理的成败经验的基础上,综合了非均衡生态学模型和均衡生态学模型中的合理部分,是干旱区管理理念的最新进展。在DDP原则的指导下,我们可以针对特定的目标草地生态系统的演化特征与演化历史发展出适当的草地管理政策。

关键词

草地管理政策, 均衡生态学, 非均衡生态学, 干旱区发展范式

1. 引言

作为我国农业自然资源中面积最大、最重要的国土资源,草地资源不仅是发展草地畜牧业的基础,也是我国北方地区的生态屏障[1]。但近年来,在全球变化影响(增暖、干旱、气候不稳定性等)与不当的草地管理措施的作用下,我国草地普遍发生退化,草地生态经济系统结构改变、功能降低、稳定性下降,草地资源的可持续性受到严重威胁[1],我国北方草地已成为和即将成为一个不能自我维持和不可持续发展的系统。只有正确理解了草地生态系统的演化机制并用以指导草地管理政策的发展,草地生态系统才有可能成为一个可持续的系统[2]。

呼伦贝尔草原地处我国东北部边陲,其西部边缘籍由额尔古纳河、贝尔湖直接与俄罗斯、蒙古接壤。呼伦贝尔草原功能状况一方面直接关系到额尔古纳河、贝尔湖的安全稳定,进而关系到中俄、中蒙边境的稳定。呼伦贝尔草原,会同大兴安岭森林、以及星罗棋布的湖泊湿地,具有大自然“肾、肺”功能,在生态上对于我国嫩江流域文明发展、调节我国北方碳氧平衡、稳定水汽循环体系、保障生物基因宝库安全具有不可或缺的地位。任何有损于呼伦贝尔草原存在与发展的行为,因其最终将有损于大兴安岭森林与呼伦贝尔湿地的存在与发展,从而对我国东北、华北生态稳定以及健康稳定的国际交流造成根本性威胁。

近年来呼伦贝尔草原在畜牧业取得巨大成就的同时草原生态持续恶化，险象环生。具体表现为草原大面积退化，生产力显著降低；草原沙化严重，且呈加速发展态势；草原湖泊数量不断减少，湿地面积缩小；草原生态环境恶化，生态灾难频繁，危害加大。面对如此状况政府、企业团体与牧民都付出巨大的努力来控制草原的退化与沙漠化，但是收效甚微。本文的目的是在草地均衡生态学理论与非均衡生态学理论背景下分析呼伦贝尔草原生态系统的演化机制，然后利用不同理论模型的草地管理原则分析呼伦贝尔草原现行的管理政策。

2. 草地均衡生态学理论与非均衡生态学理论

对草地动态演化的驱动力认识的变化，草地生态学范式经历了从均衡草地生态学到非均衡草地生态学的转变[2]-[8]。均衡草地生态学强调草食动物与植物之间的消费者-资源关系，认为生态系统生物因素是草地退化的主要驱动力[9]，而非均衡草地生态学强调草地所在的干旱与半干旱地区的强烈的环境波动(主要是降水的高度波动性)控制着草地的动态演化[2] [10]。草地均衡生态学以植被演替的顶极理论为基础，认为系统的演化是连续的、可逆的。因而，在草地管理方面强调控制家畜数量在草地承载力范围之内，保持家畜与植被处于均衡状态[2] [11]。草地非均衡生态学强调生态系统演化是不连续的和不可逆的，由于家畜主要受干旱区环境的控制而保持在较低的水平，家畜对草地植被的影响较小以致可以忽略不计，因此草地承载力管理不可行也不科学。不过，由于大部分草地生态系统处于均衡与非均衡之间的某一状态[5] [12]，因此非均衡生态学描述草地演化动态机制时也面临批评与挑战[13]-[15]。对于大部分草地而言，其演化过程既受随机事件(干旱)的驱动，又受系统内部不同成分之间的相互作用的影响。

3. 基于不同理论模型的草地管理

3.1. 基于草地均衡生态学模型的草地管理

草地均衡生态学模型认为(图 1)，作为均衡系统的草地生态系统由依赖于家畜密度的反馈控制来调节，由于牧民低效率高强度利用草地资源损害了草地生态系统以及他们的生存基础。如果这个假设是正确的，那么认为通过系统内部结构的改变能使受损的系统恢复均衡状态是符合逻辑的。单位草地面积上的家畜

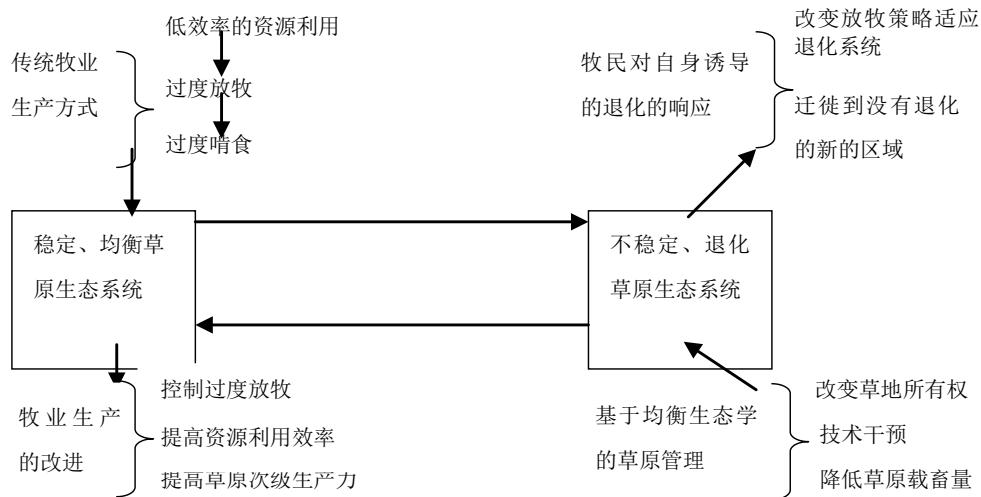


Figure 1. Grassland degradation mechanism and grassland management based on the equilibrium ecology

图 1. 基于均衡生态学的草地退化机制与草地管理

数量的控制是最显而易见的调节措施，因此草地均衡生态学模型提出两类草地管理政策：减少载畜量、改变草地所有权体制。减少载畜量是直接改变系统结构的方式，但是使牧民接受并有效实施这一政策存在困难。而改变草地所有权体制(草地资源私有化)这一政策选择不仅对当期牧民收入的直接影响较小，而且对当地官员很有吸引力。这一管理政策的理论基础是自然资源的私有化能缓解可能由社区公共放牧造成对草地资源的破坏。

3.2. 基于草地状态 - 过渡(非均衡生态学)模型的草地管理

基于草地非均衡生态学理论的草地状态-过渡模式认为，放牧系统存在多种稳定的状态；状态之间转化由自然事件(如天气或火烧)或由管理活动所引发。这种转变并不总是可以逆转的。转变可以是非连续的，在状态之间的转变存在阈值。阈值的存在表明在没有一定能量输入情况下，在管理的时间尺度上，跨越该分界的转变一旦被启动将是不能逆转的。草地非均衡演化模型的理论前提包括：1) 放牧系统的非线性作用，草食动物取食、植物净生长与繁殖对植物种丰富度的反应遵循非线性函数，即植物种丰富度对放牧压力的响应是不连续的和不可逆的；2) 生物物理正反馈机制，一些植物种群的建立需要偶发事件的驱动，但是种群一旦建立即能营造一种有利于自身存在的环境，从而促发种群长时间存在。

基于非均衡草地演化理论的草地管理，首先需要草地管理者清楚了解特定区域与特定演化历史背景的草地存在所有可能的稳定状态以及状态之间的转换途径。促成草地向理想的状态方向转换的因素构成机遇，而促成草地向不良状态方向转换的因素构成风险。基于非均衡草地演化理论的草地管理的基本原则是抓住机会促成草地向理想的状态方向转换，避免风险防止草地向不良状态方向转换。因此不可能依靠一成不变的政策来一劳永逸地解决草地管理问题，我们必须针对具体的目标生态系统采取相适应的管理措施。同时草地的发展政策应该促进当地草地管理知识的运用而不是抑制当地草地管理知识的运用。

3.3. 基于“DDP(Dryland Development Paradigm)”的草地管理

干旱区发展范式(表 1)[16]从人类-环境系统角度出发，通过荒漠化、脆弱性、贫困与社区发展等领域的研究来解决干旱区居民生计与可持续发展问题。目前干旱区发展范式提出了五个原则，可以用来指导干旱区研究与管理。

均衡生态学模型与非均衡生态学模型只是描述生态系统演化理论上存在的两个极端形式，现实中的

Table 1. The principles of Human-Environment system's evolution and their inspirations to management and policies
表1. 干旱区草原人类 - 环境系统演化的原则与对管理与政策的启示

原则	对管理与政策的启示
1. 人类 - 环境系统是社会经济子系统与自然生态子系统相耦合、相互适应的动态系统，因此其结构、功能及相互关系在演化过程中是变化的。	在理解干旱区演化过程与发展问题时，必须同时考虑人文与生态驱动力。
2. 一组限定的慢变量(气候变化、牧民可支配收入、牧民的生态意识)决定了人类 - 环境系统的演化。	在不同尺度上起控制作用的关键变量与过程使复杂问题变得易于处理。
3. 在不同控制过程作用下，关键慢变量的阈值决定了人类 - 环境系统的状态，关键慢变量的阈值可能随时间而改变。	干预成本随着土地的退化或者社会经济功能紊乱程度的增加而非线性增长，在预测阈值过程中高度可变性代表高度的不确定性，因此管理者应该执行预防性原则。
4. 耦合的人类 - 环境系统具有跨尺度的等级、嵌套与网络结构。	人类-环境系统的管理必须在适当的尺度上进行，跨尺度的联结非常重要，但是在干旱区这种联结常常十分微弱，因此需要特别的制度安排。
5. 维持与运用当代的当地环境知识(Local Environmental Knowledge LEK)是人类 - 环境系统功能协调的关键。	干旱区管理与区域政策的制定必须考虑科学与当地环境知识的进展。

资料来源：Reynolds (Science 2007)。

生态系统往往处于均衡与非均衡之间的某一点。显然,DDP的管理原则是从非均衡生态学模型发展而来,但同时又整合了均衡生态学模型的部分合理性(原则3与5符合非均衡模型,而1、2、4既符合均衡模型又符合非均衡模型)。DDP是从全世界干旱区管理的成败经验中总结而成的,是干旱区管理理念的最新进展。我们可以在DDP原则的指导下针对具体的目标草地生态系统的演化特征与演化历史发展适当的草地管理政策。

4. 呼伦贝尔草地演化动态的均衡性特征与非均衡特征

4.1. 呼伦贝尔草地演化动态的均衡性特征

尽管对造成过度放牧背后的深层次原因的认识各不相同,但是在对中国不同区域草地退化原因分析中绝大部分研究结果认为草食家畜的过度啃食是草地退化的最主要的驱动因素之一。呼伦贝尔草地承载的牲畜数量从1949年的110.6万头只(大畜27.7万头,小畜82.9万只)增加到了2004年的677万头只(大畜64.8万头,小畜612.2万只),55年呼伦贝尔草地承载的家畜增加了6.1倍。在上世纪50年代初呼伦贝尔草地基本上没有沙漠化现象。1958年以后,草地沙漠化开始逐渐发展。50年代后期草场沙漠化面积为200 km²。据统计,60年代初沙漠化土地面积已达4780 km²,而70年代中期沙漠化土地面积增至5480 km²,15 a间沙漠化土地扩大了14.6%,平均每年增加约50 km²。80年代,呼伦贝尔草地沙漠化缓慢发展,但从1994年起呼伦贝尔草地沙漠化进入了快速发展的时期,十年时间从1994年的55万公顷发展到2004年的130万公顷,使呼伦贝尔草地沙漠化面积占草地总面积在1994年的6.89%发展到2004年的16.12%,十年时间沙漠化面积扩张了75万公顷[17]。近50年来,草地沙漠化指数与草地家畜密度之间的相关系数为0.9707 [18]。过度放牧破了坏草原植被,失去植被保护的土壤在干旱多风的春季迅速沙化。

从图2、图3、图4及表2可以看出呼伦贝尔草地放牧(生物因素)是决定草地生态系统状态的重要因素。其深层次机制表现为:人口密度、耕地指数、牲畜密度的增长促进了沙漠化的发展,随着沙漠化的发展会降低草原的生产力和承载能力,同时使没有沙漠化的草地面临更大的人口及其需求压力,从而进一步加速草原沙漠化。因此呼伦贝尔草地在一定程度上具有草地均衡生态学所描述的基本特征,这也是目前呼伦贝尔草地现行草地管理政策(草畜平衡、围栏建设、牧民定居)的理论基础。

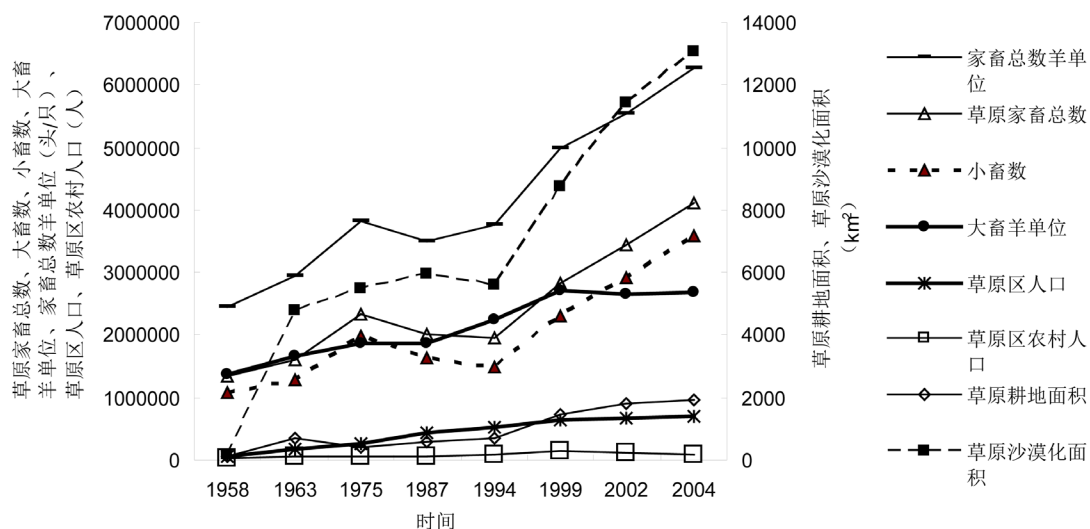


Figure 2. The movement of aggregate indicators of sandy desertification and human-induced factors in Hulunbeier grassland

图2. 呼伦贝尔草地沙漠化及其各人为因素总量指标的变化

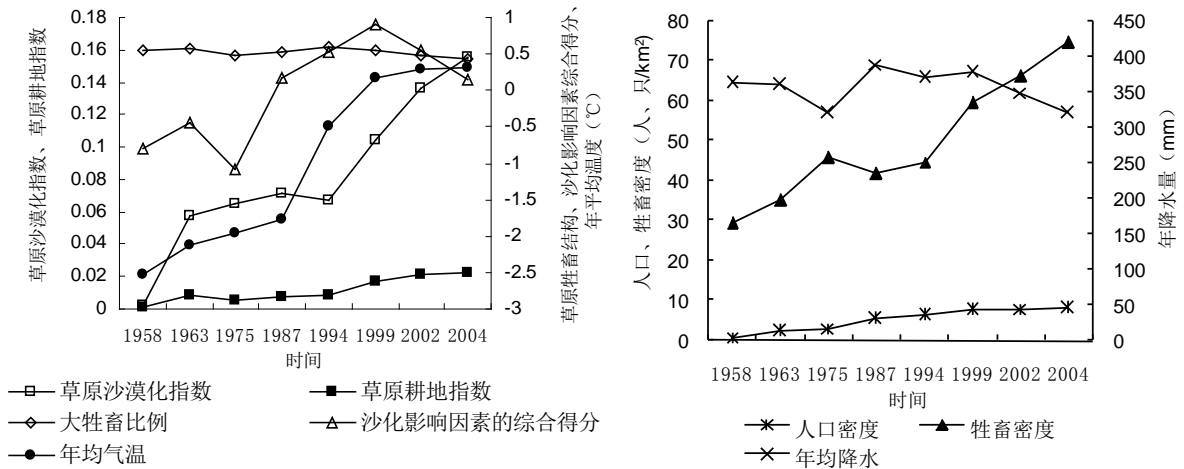
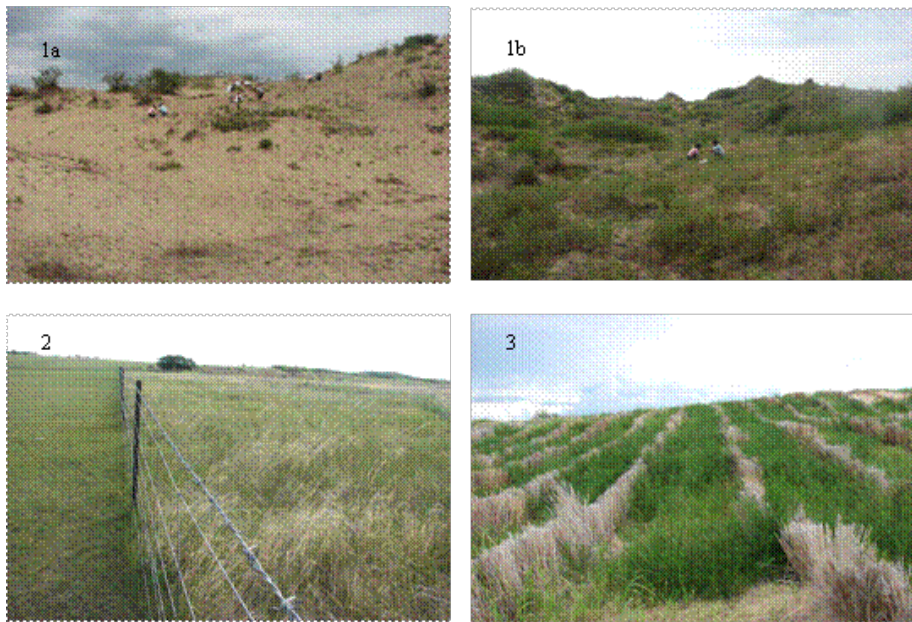


Figure 3. The movement of relative indicators of sandy desertification and human-induced factors in Hulunbeier grassland
图 3. 呼伦贝尔草地沙漠化及其各影响因素相对指标的变化



(1a)和(1b)是同一草地放牧地(1a)与禁牧地(1b)的区别, 2004年a与b植被状况一致都接近于a的状态, 照片代表的是2007年8月的草地状况。相片2拍摄于2006年8月, 围栏建于2004年4月, 建设围栏时围栏内外植被状况一致, 都接近于围栏外植被。相片3拍摄于2006年8月, 图中沙障建于2005年10月, 2005年8月植被盖度小于5%, 沙障建设后禁止放牧。

Figure 4. The impact of domestic animals on the vegetation of Hulunbeier grassland
图 4. 放牧对呼伦贝尔草地的影响

4.2. 呼伦贝尔草地演化动态的非均衡均衡性特征

呼伦贝尔草原在 50 年的演化过程中具有明显的非均衡性特征: 1) 呼伦贝尔草原地处高纬度, 冬季严寒漫长、春季多风干旱(图 5)。并且气候因子(年降水量和年平均温度)在最近 60 年(1951 年至 2011 年)变化幅度大: 年降水量最低只有不足 130 mm(1986 年), 最大降水量可以达到 530 mm(1984 年、1990 年); 年平均温度 1965 年最低为-4.1℃, 2008 年最高可以达到 1.2℃(图 6、图 7)。在呼伦贝尔草原畜牧业生产实践中, 低温雪灾与干旱常常造成草原家畜数量的大规模减少, 据《呼伦贝尔盟畜牧志》记载呼伦贝尔草

Table 2. The coefficients of correlation between the index of sandy desertification and its influencing factors

表2. 呼伦贝尔草地沙漠化指数与其影响因素间的相关系数

影响因素	相关系数	影响因素	相关系数
人口密度(pd)	0.8937	年均气温(avtem)	0.8791
耕地指数(ci)	0.9594	年均降水量(avrain)	-0.3755
牲畜密度(ld)	0.9707	综合驱动因素(F1)	0.8899
牲畜结构(propc)	-0.7191	综合抑制因素(F2)	-0.403
		综合作用力(F)	0.6005

资料来源：陈秋红，周尧治(中国人口·资源与环境，2008) [19]。

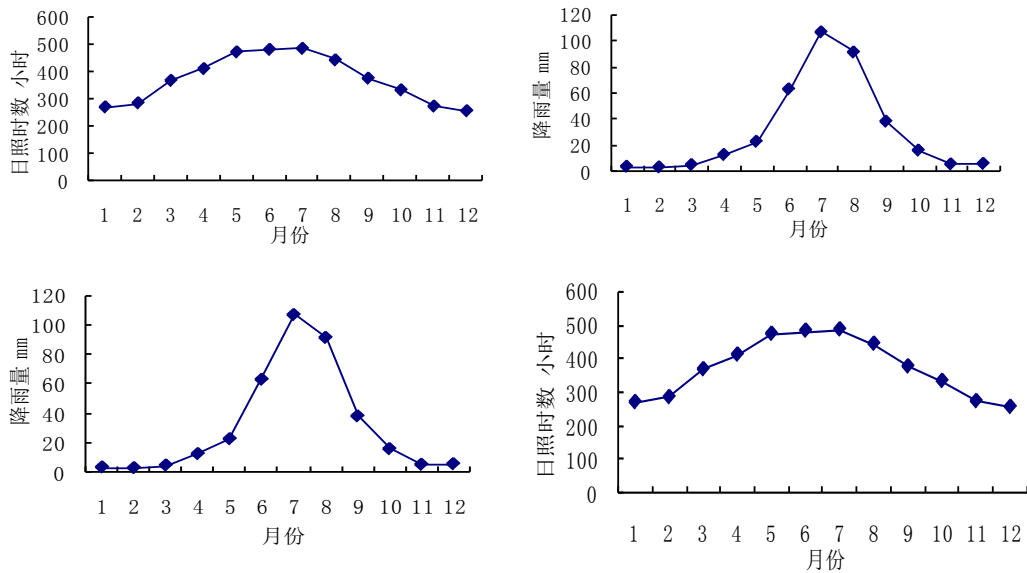


Figure 5. The change of climate during a year in Hulunbeier grassland

图5. 呼伦贝尔草地气象要素年内变化情况

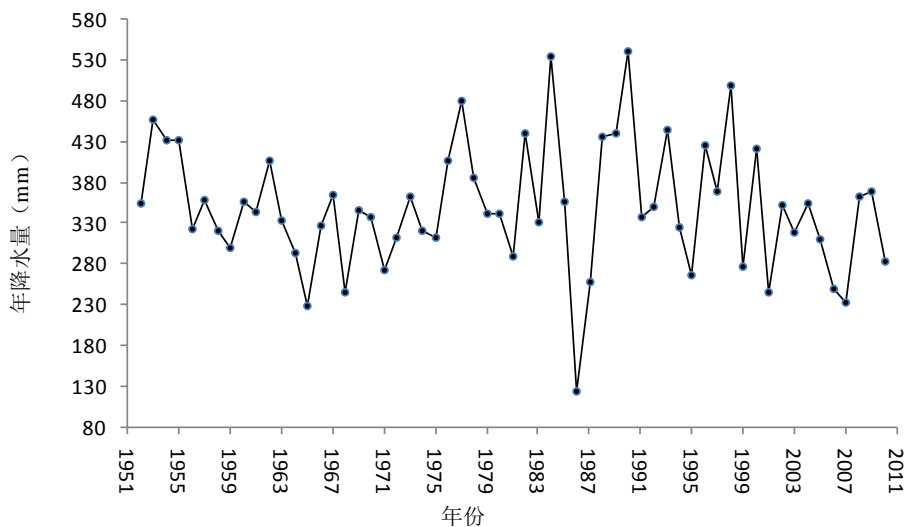


Figure 6. The change of precipitation in Hulunbeier grassland in last 60 years

图6. 呼伦贝尔草地最近60年年降水量变化情况

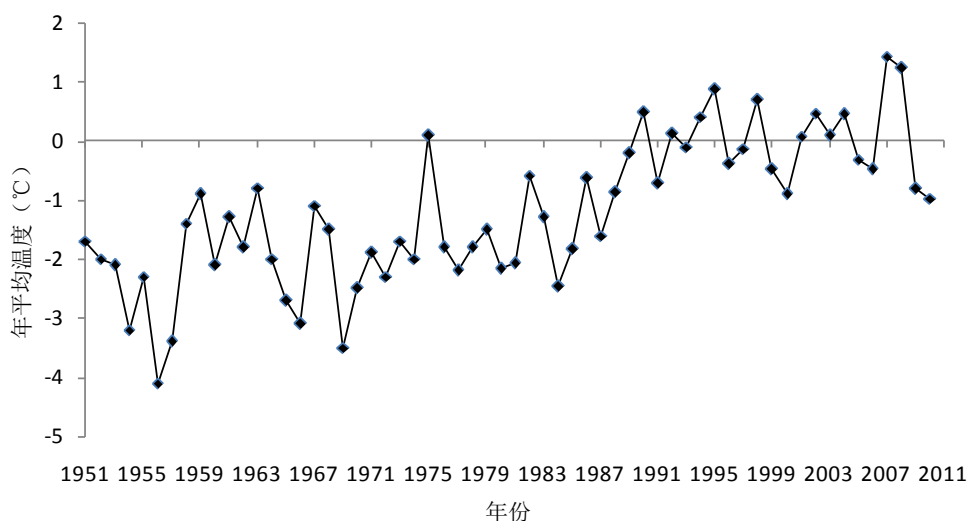


Figure 7. The change of annual average temperature in last 60 years in Hulunbeier grassland
图 7. 最近 60 年呼伦贝尔草原年平均温度变化情况

原 1940 年春发生暴风雪, 草原共损失近 40 万头(只), 1953 年冬天至 1954 年春天, 因冬季雪灾以及春涝, 呼伦贝尔草原共损失牲畜 291,619 头(只), 占 1953 年家畜总数的 17.59%; 2007 年呼伦贝尔草发生严重旱灾, 整个春夏季没有出现一次有效降雨, 草原 379.5 万头牲畜出现饮水困难。2) 草原气候因素在草原沙漠化发展过程中具有比较明显的作用。呼伦贝尔草原 1951 年至 2011 年间年平均降水量为 347.45 mm, 在草原沙漠化发展较快的 1958 年至 1975 年期间以及 1995 年至 2005 年期间平均年降水年低于长期年平均降水量, 而在沙漠化发展较慢的 1976 至 1994 年期间, 平均年降雨量高于长期的平均水平(表 3)。因此干旱与其它自然灾害性事件是影响草地生态系统状态的重要因素。其背后机制表现为: 草原年平均温度上升既是草原沙漠化的原因也可能是草原沙漠化的结果, 年平均气温与草原沙漠化指数之间相关系数为 0.8791, 说明二者之间存在复杂的正反馈机制。同样年降雨量的减少是驱动沙漠化发展的重要因素, 而草原沙漠化的发展可能会进一步降低草原地区的降雨量。这表明呼伦贝尔草地在一定程度上具有草地非均衡生态学所描述的基本特征。

5. 呼伦贝尔草地管理政策分析

目前在呼伦贝尔草地执行的管理政策包括草畜平衡、围栏、草地承包到户等都是草地均衡生态学模型为基础的政策。但是由于草地均衡生态学模型不能客观地描述呼伦贝尔草地演化动态, 因此基于这一理论的大部分草地政策也不可能解决当前呼伦贝尔草地所面临的问题。

5.1. 关于草畜平衡

草畜平衡是基于均衡生态学模型的草地管理政策的核心。由于呼伦贝尔草地演化过程具有均衡性, 家畜密度与草地退化具有明显的相关性, 家畜啃食直接影响草地状态。且近年来呼伦贝尔草地承载的家畜数量急剧增加, 因此, 执行草畜平衡的政策很有必要。不过, 这一政策还难以被广大牧民接受和有效执行。尽管大多数牧民都对“一定面积的草地只能承载一定数量的家畜”有所认知, 但由于涉及到部分牧民的切身利益, 因此这一政策在执行中仍困难重重[20]。

5.2. 关于草地承包到户

自然资源产权私有化是一种有效的自然资源管理方式之一, 但绝不是适用于所有区域的管理途径[21]。

Table 3. The expanding area of desertification and annual precipitation

表 3. 草原沙漠化增长面积与年降水量

	1958-1975	1976-1994	1995-2004
单位时间内草原沙漠化增长面积 (km ² /a)	332.35	5.38	830.53
年平均降水量(mm)	321.84	382.44	314.67

由于人类-环境系统具有等级、嵌套与网络结构,因此对其的管理必须在适当的尺度上进行。根据作者于2007年9月对呼伦贝尔市陈巴尔虎旗呼和诺尔镇乌布日诺尔嘎查和白音布日德嘎查牧民的家庭草地生态经济的随机抽样调查,这两个嘎查都分布在海拉尔河南岸的呼伦贝尔草地北部沙带附近,且都是潜在沙质荒漠化区域,但乌布日诺尔嘎查从80年代初开始实行的是草地承包到户的草地私有化管理,而白音布日德嘎查解放以来一直实行以嘎查为单位的草地资源社区共管,同一自然生态背景条件下的草地在两种不同的管理方式下产生了明显的对比效果:实行草地资源私有化管理的乌布日诺尔嘎查在80年代初期是陈巴尔虎旗最富裕的嘎查,但现在却成为全旗牧民经济状况最差的一个嘎查,且其所属草地50%已经沙漠化;而白音布日德嘎查在80年代初期是陈巴尔虎旗最贫困的嘎查,而目前却成为全旗牧民经济状况最好的一个嘎查,且其草地基本保持良好没有出现沙漠化。该案例说明,在一定条件下,基于社区的草地资源共管也可以成为一种非常成功的草地资源管理方式。

5.3. 关于围栏

虽然围栏据称能降低围封草地的压力、提高围栏草场单位面积产草量与载畜量,是进行草地集约化经营的基本条件,但它也产生了不少副作用。1)增加了非围栏草场的利用强度,草地建设围栏后常常加速了没有围栏保护的公共牧场的退化。2)加剧了牧民间的贫富差距。通常情况下,较富裕的牧户家庭有能力对草场进行围封,而较贫穷的牧民则没有经济实力对其草场进行围封。因此,与富裕的牧民相比,由于贫穷的牧民至少必须将其部分牲畜放在重度过牧的非围栏草地上进行放牧;而富裕的牧民却有可能以较低的成本(更少的饲料)饲养更多健康的牲畜,并以更快的速度提高他们的收入。由于政府在围封方面的补贴,围封草地的面积目前已急剧扩大。与之相伴随,因为中国北方公共草地在夏季进行集中利用,其单位面积上的牲畜压力将呈指数级增长。这些“开放”草场退化情况将会很快变得更为严重,植被的恢复也将很快变得更加困难。最终,草场围封产生的生态与经济利益将很快被其所产生的损失所抵消。在围封方面的其他一些问题也有待考虑。草场围封往往还有一些其他不良影响。例如,围封草场上物种多样性趋于下降,围封对野生动物的影响往往也是负面的影响。

围栏虽然能够明确草地资源的产权边界,但是私有化管理本身就不是一种普遍适用的草地资源管理方式。因此,草地围栏建设也应该根据草地具体情况进行。在呼伦贝尔草地分布的三条沙带、已经严重退化、沙漠化的区域以及退化沙漠化趋势明显的区域有必要进行围栏保护,因为退化、沙漠化草地恢复只有在控制家畜高强度啃食活动的前提下,采取措施才有效果。而在呼伦贝尔其他区域,希望依靠围栏来一劳永逸地解决草地的生态问题,这只是一个代价昂贵的幻想。

总之,草地资源的可持续管理措施应该是在理解目标草地生态系统的演化历史与演化特征的基础上,采取相应的管理措施以促进草地生态系统向人们期待的方向演化。而综合了均衡与非均衡生态学模型的DDP管理原则是干旱区自然资源管理理念的最新进展,可以用来指导我国北方草地资源可持续管理实践。

基金项目

国家科技支撑计划课题“青藏高原生态环境脆弱分区及高原典型脆弱生态系统监测与评估研究”,

2013BAC04B02; 西藏大学农牧学院“211 工程”三期重点学科建设“高原生态学”项目, XZA2110713-2。

参考文献 (References)

- [1] 侯向阳 (2005) 中国草地生态环境建设战略研究. 中国农业出版社, 北京.
- [2] Ellis, J.E. and Swift, D.M. (1988) Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. *Journal of Range Management*, **41**, 450-459.
- [3] Vetter, S. (2005) Rangelands at equilibrium and non-equilibrium: Recent developments in the debate. *Journal of Arid Environments*, **62**, 321-341.
- [4] Herrmann, S.M. and Hutchinson, C.F. (2005) The changing contexts of the desertification debate. *Journal of Arid Environments*, **63**, 538-555.
- [5] Stringham, T.K., Krueger, W.C. and Shaver, P.L. (2003) State and transition modeling: An ecological process approach. *Journal of Range Management*, **56**, 106-113.
- [6] Lockwood, J.A. and Lockwood, D.R. (1993) Catastrophe theory: A unified paradigm for rangeland ecosystem dynamics. *Journal of Arid Environments*, **46**, 282-288.
- [7] Milton, S.J., Dean, W.R., du Plessis, M.A. and Siegfried, W.R. (1994) A conceptual model of arid rangeland degradation. *BioScience*, **44**, 70-76.
- [8] George, M.R., Brown, J.R. and Clawson, W.J. (1992) Application of non-equilibrium ecology to management of Mediterranean grassland. *Journal of Range Management*, **45**, 436-440.
- [9] Westoby, M., Walker, B. and Noy-Meir, I. (1989) Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, **42**, 268-274.
- [10] Gillson, L. and Hoffman, M.T. (2007) Rangeland ecology in a Changing World. *Science*, **315**, 53-54.
- [11] Walker, B.H. (1993) Rangeland ecology: Understanding and managing change. *Ambio*, **22**, 80-87.
- [12] Wiens, J.A. (1984) On understanding a non-equilibrium world: Myth and reality in community patterns and processes. In: Strong, D.R., Simberloff, J.D., Abele, L.G., et al., Eds., *Ecological Communities: Conceptual Issues and the Evidence*, Princeton University Press, Princeton.
- [13] Illius, A.W. and Connor, T.G.O. (1999) On the relevance of nonequilibrium concepts to semi-arid grazing systems. *Ecological Applications*, **9**, 798-813.
- [14] Wessels, K.J., Prince, S., Carroll, M. and Malherbe, J. (2007) Relevance of rangeland degradation in semiarid north-eastern South Africa to the nonequilibrium theory. *Ecological Applications*, **17**, 815-827.
- [15] Ho, P. (2001) Rangeland degradation in north China revisited? A preliminary statistical analysis to validate non-equilibrium range ecology. *The Journal of Development Studies*, **37**, 99-133.
- [16] Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., et al. (2007) Global desertification: Building a science for dryland development. *Science*, **316**, 847-851.
- [17] 封建民, 王涛 (2004) 呼伦贝尔草地沙漠化现状及历史演变研究. *干旱区地理*, **27**, 356-360.
- [18] 周尧治, 郭玉海 (2008) 呼伦贝尔草原沙漠化演化人类因素及趋势研究. *中国科技论文在线精品论文*, **1**, 42-48.
- [19] 陈秋红, 周尧治 (2008) 近 50 年来呼伦贝尔草原沙漠化主要影响因素的定量分析. *中国人口.资源与环境*, **18**, 200-204.
- [20] 段庆伟, 陈宝瑞, 张宏斌, 李刚, 辛晓平, 杨桂霞 (2012) 草原畜牧业发展的理论与政策探讨. *草原与草坪*, **32**, 67-73.
- [21] 任继周 (2012) 放牧, 草原生态系统存在的基本方式——兼论放牧的转型. *自然资源学报*, **27**, 1259-1275.