DOI: 10.5846/stxb201610142078

唐华俊, 辛晓平,李凌浩,王德利,闫玉春,周延林,王明玖,周道玮,崔国文,李向林,闫瑞瑞,陈宝瑞,徐丽君,王旭.北方草甸退化草地治理技术与示范.生态学报,2016,36(22): - .

Tang H J, Xin X P, Li L H, Wang D L, Yan Y C, Zhou Y L, Wang M J, Zhou D W, Cui G W, Li X L, Yan R R, Chen B R, Xu L J, Wang X.North meadow degraded grassland treatment technology and demonstration.Acta Ecologica Sinica,2016,36(22): - .

北方草甸退化草地治理技术与示范

唐华俊[1], 辛晓平[1],李凌浩[2],王德利[3],闫玉春[1],周延林[4],王明玖[5],周道玮[6],崔国文[7],李向林[8],闫瑞瑞[1],陈宝瑞[1],徐丽君[1],王 旭[1]

1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

2 中国科学院植物研究所

3 东北师范大学草地研究所

4 内蒙古大学生命科学学院

5 内蒙古农业大学生态环境学院

6 中国科学院东北地理与农业生态研究所

7 东北农业大学动物科学技术学院

8 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

摘要:国家重点研发计划“北方草甸退化草地治理技术与示范”项目(2016YFC0500600),重点针对我国草甸和草甸草原生态系统所受干扰强度大、退化机理错综复杂、恢复机制及有效治理技术缺乏等问题,从十三五规划有关“美丽中国”、“绿色发展”与“生态文明”建设的战略需求出发,着重开展草地退化恢复机理、恢复治理技术、生态产业技术创新应用等三个方面的研究,创建可复制、可移植、系统性的综合治理技术及新型生态产业技术,提出草甸退化草地治理的整套技术方案,为我国草牧业与生态环境和谐发展、牧民稳定增收提供技术支撑。

关键词:草甸草地; 退化与恢复机制; 治理技术; 生态产业

North meadow degraded grassland treatment technology and demonstration

TANG Huajun[1], XIN Xiaoping[1], LI Linghao[2], WANG Deli[3], YAN Yuchun[1], ZHOU Yanlin[4], WANG Mingjiu[5], ZHOU Daowei[6], CUI Guowen[7], LI Xianglin[8], YAN Ruirui[1], CHEN Baorui[1], XU Lijun[1], WANG Xu[1]

1 *Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences*

2 *Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences*

3 *Inst itut e of Grassland Science, Northeast Normal Universit y*

4 *School of Life Sciences, Inner Mongolia University*

5 *College of Ecology Environmental Science, Inner Mongolia, Agricultural University*

6 *Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS*

7 *College of animal science and technology, Northeast Agriculture University*

8 *Institute of Animal Science of Chinese Academy of Agricultural Science*

Abstract: As one of the national key research and development programs, the “North Meadow Degraded Grassland Treatment Technology and Demonstration” project (2016YFC0500600) mainly focuses on the problems of intensive interference, complicated degradation mechanism, and the lack of restoration mechanism and effective treatment

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0500600)

收稿日期:2016-10-14

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: tanghuajun@caas.cn

technology, which the meadow and meadow steppe ecological systems of China are encountered. Based on the strategic requirements of "beautiful China", "green development" and "ecological civilization" proposed by China's 13th Five-Year Plan, the project puts emphasis on the research of grassland degradation restoration mechanism, restoration treatment technology and the ecological industry technology innovation application, develops the comprehensive treatment technology featured with replicability, portability and systematicness, as well as the new eco-industrial technology, and puts forward an overall technology solution regarding the grassland treatment for meadow degradation, providing a strong technical support for the harmonious development of China's grassland animal husbandry and ecological environment, and the stable income increase of the herdsmen.

Key Words: meadow grassland, degradation and restoration mechanism, treatment technology, ecological industry

1 引言

草地退化与恢复机制研究始于上世纪三十年代。美国和前苏联"黑风暴"事件之后,退化草地的恢复重建受到世界科学界及各国政府的普遍重视[3, 31]。1975 年召开的"受损生态系统恢复与重建"国际研讨会,奠定了恢复生态学理论基础[2, 6, 22]。近半个世纪以来,各国就分别开展了大量草地退化驱动机制研究[9],美国、加拿大、欧洲等从天然植被恢复、人工植被重建、土壤过程和生物群落等角度探讨了退化草甸恢复的理论与方法[11, 17, 19, 25]。近年来,基于功能性状的群落生态理论、生态系统下行效应原理、阈值模型及集成过滤模型成为退化草地恢复的最新理论依据[9, 12, 23-24, 28, 33]。国内相关研究基本与国际同步,早期大多集中于退化草甸草原演替过程解析[37, 42-43],最近更多关注草地恢复过程中植被、土壤、微生物等相关的机制性研究[18, 34, 35, 45]。但是,国内关于草甸草地退化与恢复的理论研究比较薄弱,缺乏深度与系统性。

草地治理技术研究始于 19 世纪中叶,欧洲各国率先采用施肥及土壤水分调控等方法改良草地,澳大利亚、新西兰及前苏联等国也通过施肥、灌溉、补播、耕翻、划破草皮、火烧、外来种引入等方式研究草地改良技术[1, 14,27]。20 世纪中叶世界草地普遍退化,恢复重建被纳入草地生态系统管理目标,草地恢复也从单项技术改良转向系统综合治理,形成以生物多样性维持、群落结构优化配置、土壤及种子库修复为主体思路的恢复治理技术[5, 10, 13, 16, 20, 26, 30]。我国长期以来主要采取围栏封育、休牧轮牧等管理措施,以及翻耕、灌溉、施肥、补播等恢复措施来恢复和改良退化草甸[38, 40-41, 44],但仍缺乏系统性、可移植的草甸退化草地恢复治理技术与相关标准规范。

现代草食畜牧业产业模式的建立,是欧美国家草地生态得以全面恢复的根本原因。二战之后,欧美各国依据其土地、资本、劳动力因素,形成了各具特色的现代草牧业体系,如澳大利亚/新西兰基于高产改良草地的现代放牧畜牧业模式,北美基于混合农业体系的集约化大农场模式[7, 21, 29]。近年在现代信息技术驱动下,国际草食畜牧业管理逐步向精准化、智能化、生态化方向发展。我国现代草牧业体系尚未建立,在全球经济开放竞争的强烈冲击下,草原生态经济系统受到极大挑战,亟待探索生态草牧业发展的关键技术与模式,促进传统畜牧业转型及草原可持续利用[39, 46, 48]。

现阶段及未来,草地恢复生态学将更注重退化机理-恢复机制-系统调控研究,强调多学科交叉融合[4];注重多尺度、多维度生态系统恢复,强调系统性和整体性[15];注重社会、经济与自然协同,强调生态恢复与民生改善有机结合[32, 36]。我国北方草甸和草甸草原面积约 5.96 亿亩,是北方牧区生产力最高、多样性最丰富的草场,家畜承载力相当于其他温带草地类型的总和,其生态和生产功能都具有举足轻重的地位[47]。相对于干旱区草地类型,草甸草地利用方式更加多元,退化过程和机制更加复杂,由于高生产力、高多样性的表观特征,草甸草地实际退化程度被严重低估。另一方面,草甸草地具有自然资源优势,生态恢复力较强,在合理的恢复治理模式下具有很大的恢复潜力和利用空间,无论在生产和生态意义上都能达到事半功倍的效果。但是,目前草甸草地恢复治理的投入力度不够,研究上缺乏专门针对草甸退化草地的评估标准与恢复理论,应用上

没有形成完整的草甸退化草地治理技术体系,制约了北方草甸草地高生产力优势的发挥和草牧业发展。

我国已经开展过很多草地治理工作,但生态恢复效果稳定性差,形成退化-治理-再退化-再治理的往复循环,其根本原因在于没有切实可行的有效恢复理论与技术,也未解决好生态修复后的替代产业问题。本项目着眼于北方草甸退化草地生态恢复与持续利用的技术瓶颈,开展从生态治理到产业培育的整套技术研究与集成示范,为我国草牧业与生态环境和谐发展、牧民稳定增收提供技术支撑。

2　项目目标

总体目标:项目针对我国草甸和草甸草原生态系统所受干扰强度大、退化机理错综复杂、恢复机制及有效治理技术缺乏等问题,从十三五规划有关“美丽中国”、“绿色发展”与“生态文明”建设的战略需求出发,着重开展草地退化恢复机理、恢复治理技术、生态产业技术创新应用等三个方面的研究,创建可复制、可移植、系统性的综合治理技术及新型生态产业技术,提出草甸退化草地治理的整套技术方案,为我国草牧业与生态环境和谐发展、牧民稳定增收提供技术支撑。

科学目标:通过对北方草甸退化草地演变规律和趋势、退化与恢复机制等基础理论的深入研究,为草地生态修复和生态产业发展提供理论基础。揭示多元利用途径和气候变化共同作用下草甸草地的退化机理,建立退化等级评估体系;探索不同退化类型草甸草地在自然与干扰条件下的恢复机理,阐释生态恢复关键技术对生物多样性、稳定性及生态系统多功能性的影响,提出我国草甸退化草地的系统性恢复理论,以及生态恢复治理的技术原理。

技术目标:通过对不同治理技术的试验性研发,重点突破群落优化配置、生态系统功能提升、生物多样性与稳定性维持等关键共性技术,为草甸退化草地生态问题综合解决提供技术支撑;同时充分考虑我国草甸草地分布范围广、区域差异大的现实,以呼伦贝尔、锡林郭勒、科尔沁、松嫩平原、寒地黑土区等典型区域的草甸草地为对象,研发区域差异化的恢复治理技术,建立各区域生态恢复治理技术标准与配套模式。

应用目标:项目在理论研究与技术研发的基础上,从修复后生态系统稳定性维持及替代产业持续发展的需求出发,通过对生态草牧业相关技术的重点研发、技术集成和示范推广,创建生态与经济协调发展的产业技术模式,在产业技术层面突破草甸草地区域可持续发展的瓶颈,形成生态富民的替代产业技术体系与优化模式,促进北方草甸草地区域新兴产业带的培育和发展。

3　主要研究内容

(1)针对草地生产力、生物多样性、水分过程及养分循环等核心科学问题开展攻关,揭示多元利用途径和气候变化共同作用下北方草甸及草甸草原的退化机理与恢复机制,建立退化等级与恢复水平评估体系,提出我国草甸退化草地的系统性恢复理论;

(2)针对不同退化程度的北方草甸草地,重点围绕群落优化配置、生物多样性维持、生态系统功能提升等共性技术问题,研发植被低扰动快速恢复、草地综合复壮及稳定重建、土壤定向修复等关键技术,集成草甸退化草地恢复治理技术体系,创建可复制、系统性的北方草甸退化草地综合治理技术体系;

(3)针对后修复阶段草地可持续利用问题,集成研发草地优质生产利用技术、饲草高效转化与绿色养殖技术、智慧型生态牧场管理技术等生态产业技术,探索生态修复技术与生态产业技术的组装配套模式,选择重点区域开展产业化示范,创建草甸草地生态恢复-持续利用模式及技术解决方案。

针对总体目标和研究内容,项目设计了“一纵三横”的研究框架和技术路线。“一纵”是根据科学问题和关键技术目标,梳理出基础理论与技术原理、恢复技术与治理模式、产业技术与集成示范等三个研究层面,将所有研究内容串联起来,形成相辅相成、相互支撑的一个整体;“三横”是在三个研究层面内各自布局,开展横向比较或联合研究:在基础理论与技术原理层面,依托项目组野外基地与长期观测实验平台,研究北方草甸草地退化机理、恢复机制;在恢复技术与治理模式层面,横向开展联合实验及对比分析,凝练呼伦贝尔、锡林郭勒、科尔沁、松嫩平原、寒地黑土区等五大典型区域的生态恢复技术及集成模式,从分到总提出草甸退化草地治理技术体系;产业技术与集成示范层面,开展生态草业、生态

畜牧业、生态旅游三方面的产业关键技术集成创新，并在典型区域进行产业化应用，最后总结提炼北方草甸退化草地可持续发展理论和模式。项目总体技术路线见图 1。

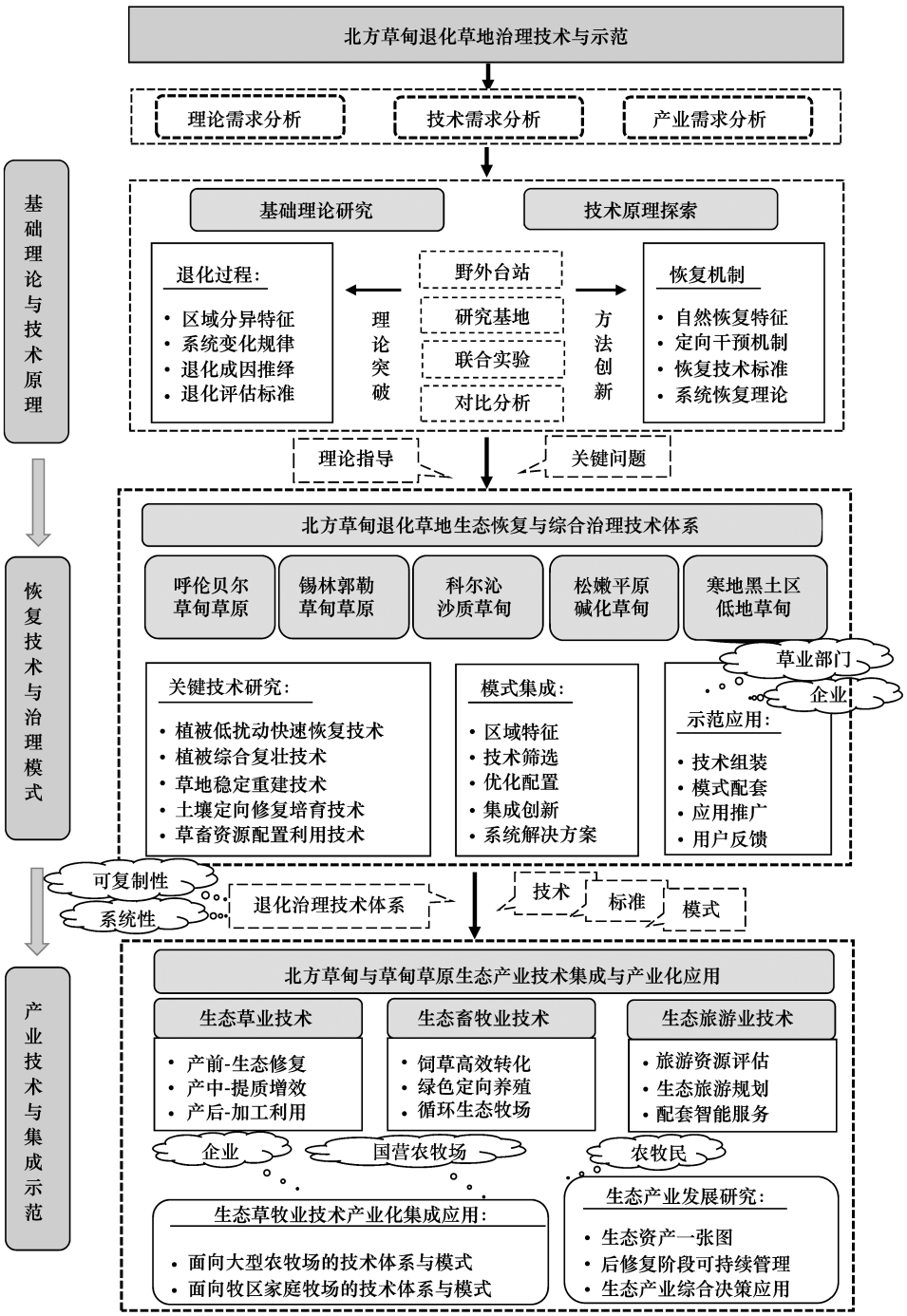

图 1 项目总体技术路线

Fig.1

4 结语

科学上，项目将揭示多元利用途径和气候变化共同作用下，北方草甸及草甸草原的退化机理及恢复机制，建立退化等级与恢复水平评估体系，提出我国草甸草地退化机理和恢复机制重大理论成果；技术上，针对不同退化程度的草甸草地，研发出植被低扰动快速恢复、植被综合复壮、草地稳定重建、土壤定向修复培育技术；创建不同区域、不同组合的高产人工草地建植技术、草产品加工与贮藏等关键技术，

提出草地生态恢复技术和综合治理模式;产业上,开展北方草甸草地生态草牧业产业技术集成创新,进一步研发草畜资源优化配置与高效利用技术,构建生态草业、生态畜牧业产业技术模式及体系,提出区域生态产业技术方案和配套产业技术集成模式。

本项目开展不同退化程度草甸草地生态治理与产业技术组装配套、集成示范,建立我国草甸退化草地恢复治理技术体系。项目成果将有效提高草地生产力水平,改善牧民增收能力。项目拟建立 5 个县域以上示范基地,示范区天然草地植被生产力提高 20%—30%;生态产业技术模式应用,可促进大型生态牧场经济效益提高 10%以上,家庭牧场经济效益提高 20%以上,旅游型家庭牧场经济效益提高 20%—50%。项目成果推广后将促进草甸退化草地的全面恢复,按修复 20%草甸退化草地(约 1.2 亿亩)、草地产量提高 20%计,可多提供干草 240 万吨、满足 330 万只羊单位家畜的干物质需求,将为草地生态保护、草牧业现代化和牧民致富提供良好示范和技术支撑。

参考文献(References):

[1] Bradshaw A D. The reconstruction of ecosystems. Presidential address to the British Ecological Society, December 1982. Journal of Applied Ecology, 1983, 20(1): 1-17.

[2] Cairns J, Dickson K L, & Herricks E E. Recovery and restoration of damaged ecosystems. In Recovery and Restoration of Damaged Ecosystems. University Press of Virginia, 1977

[3] Diamond J. Ecology: How and why eroded ecosystems should be restored. Nature, 1985, 313: 629-630.

[4] Didham R K, & Norton D A. When are alternative stable states more likely to occur? Oikos, 2006, 113(2): 357-362.

[5] Dijk J V, Stroetenga M, Bodegom P V, & Aerts R. The contribution of rewetting to vegetation restoration of degraded peat meadows. Applied Vegetation Science, 2007, 10(3): 315-324.

[6] Dobson A P, Bradshaw A D, & Baker A Á. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. Science, 1997, 277 (5325): 515-522.

[7] Eisler M C, Lee M R, Tarlton J F, Martin G B, Beddington J, Dungait J A, & Misselbrook T. Agriculture: Steps to sustainable livestock. Nature, 2014, 507(7490): 32.

[8] Gillson L, & Hoffman M T. Ecology: Rangeland Ecology in a Changing World. Science, 2007, (315): 53-54.

[9] Halassy M, Singh A N, Szabó R, Szili - Kovács T, Szitár K, & Török K. The application of a filter-based assembly model to develop best practices for Pannonian sand grassland restoration. Journal of Applied Ecology. 2016, Doi: 10. 1111/1365-2664.12618.

[10] Hobbs R J, & Norton D A. Towards a conceptual framework for restoration ecology. Restoration Ecology, 1996, 4(2): 93-110.

[11] Huhta A P, Rautio P, Tuomi J, & Laine K. Restorative mowing on an abandoned semi-natural meadow: short-term and predicted long-term effects. Journal of Vegetation Science, 2001, 12(5): 677-686.

[12] Hulvey K B, & Aigner P A. Using filter - based community assembly models to improve restoration outcomes. Journal of Applied Ecology, 2014, 51(4): 997-1005.

[13] Iannone B V, & Galatowitsch S M. Altering light and soil N to limit Phalaris arundinacea reinvasion in sedge restorations. Restoration Ecology, 2008, 16(4): 689-701.

[14] Jones M. The improvement of grassland by its proper management. In Report of the IV International Grassland Congress, 1937: 470-473.

[15] King E G, & Hobbs R J. Identifying linkages among conceptual models of ecosystem degradation and restoration: towards an integrative framework. Restoration Ecology, 2006, 14 (3): 369-378.

[16] Klimkowska A, Van Diggelen R, Bakker J P, & Grootjans A P. Wet meadow restoration in Western Europe: a quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. Biological Conservation, 2007, 140(3): 318-328.

[17] Klimkowska A, Elst D J, & Grootjans A P. Understanding long-term effects of topsoil removal in peatlands: overcoming thresholds for fen meadows restoration. Applied Vegetation Science, 2015, 18(1): 110-120.

[18] Li Q, Song Y, Li G, Yu P, Wang P, & Zhou D. Grass-legume mixtures impact soil N, species recruitment, and productivity in temperate steppe grassland. Plant and Soil, 2015, 394 (1): 271-285.

[19] Lindquist D S, & Wilcox J. New concepts for meadow restoration in the northern Sierra Nevada. In Proceedings of the International Erosion Control Association, 2000, 31: 145-152.

[20] Metsoja J A, Neuenkamp L, & Zobel M. Seed bank and its restoration potential in Estonian flooded meadows. Applied Vegetation Science, 2014, 17(2): 262-273.

[21] Norman H C, Ewing M A, Loi A, Nutt B J, & Sandral G A. The pasture and forage industry in the Mediterranean bioclimates of Australia. Options Mediterraneennes, 2000, 45: 469.

[22] Roberts L, Stone R, & Sugden A. The rise of restoration ecology. Science, 2009, 325(5940): 555.

[23] Roberts R E, Clark D L, & Wilson M V. Traits, neighbors, and species performance in prairie restoration. Applied Vegetation Science, 2010, 13(3): 270-279.

[24] Sandel, B, Corbin J D, & Krupa M. Using plant functional traits to guide restoration: a case study in California coastal grassland.

Ecosphere, 2011, 2(2): 1-16.

[25] Schrautzer J, Asshoff M, & Müller F. Restoration strategies for wet grasslands in Northern Germany. Ecological Engineering, 1996, 7(4): 255-278.

[26] Seahra S E, Yurkonis K A, & Newman J A. Species patch size at seeding affects diversity and productivity responses in establishing grasslands. Journal of Ecology, 2015, 104(2): 1365-2745.

[27] Semple A T. Grassland improvement.1970.

[28] Suding K N, & Hobbs, R. J. Threshold models in restoration and conservation: a developing framework. Trends in ecology & evolution, 2009, 24(5): 271-279.

[29] Tilman D, Cassman K G, Matson P A, Naylor R, & Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 2002, 418(6898): 671-677.

[30] Valle M, Garmendia J M, Chust G, Franco J, & Borja Á. Increasing the chance of a successful restoration of Zosteranoltii meadows. Aquatic Botany, 2015, 127: 12-19.

[31] Van de Koppel J, Rietkerk M, & Weissing F J. Catastrophic vegetation shifts and soil degradation in terrestrial grazing systems. Trends in Ecology & Evolution, 1997, 12(9): 352-356.

[32] Wedin W F, & Fales S L. Grassland: Quietness and strength for a new American agriculture. ASA-CSSA-SSSA.2009.

[33] Wilsey B J, & Martin L. M. Top-down control of rare species abundances by native ungulates in a grassland restoration. Restoration Ecology, 2015, 23(4): 465-472.

[34] Zhong Z, Wang D, Zhu H, Wang L, Feng C, & Wang Z. Positive interactions between large herbivores and grasshoppers, and their consequences for grassland plant diversity. Ecology, 2014, 95(4): 1055-1064.

[35] 高英志, 汪诗平, 韩兴国等. 退化草地恢复过程中土壤氮素状况以及与植被地上绿色生物量形成关系的研究. 植物生态学报, 2004, 28(3): 285-293.

[36] 洪绂曾. 中国草业可持续发展的战略研究. 中国草学会二次会议暨国际学术研讨会, 2004.

[37] 李建东. 松嫩平原盐碱化草地治理及其生物生态机理. 科学出版社, 1997.

[38] 马志广, 陈敏. 草地改良理论、方法与趋势. 中国草地学报, 1994, (4): 63-66.

[39] 任继周, 常生华. 以草地农业系统确保粮食安全. 中国草地学报, 2009, 31(5): 3-6.

[40] 张宇博, 杨海军, 王德利等. 受损河岸生态修复工程的土壤生物学评价. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1374-1380.

[41] 王多伽, 高阳, 徐安凯等.不同改良措施对退化羊草草地的影响. 草业与畜牧, 2015, 6: 22-24.

[42] 王炜, 刘钟龄. 内蒙古草原退化群落恢复演替的研究: ii.恢复演替时间进程的分析. 植物生态学报, 1996, 5: 460-471.

[43] 辛晓平, 徐斌, 王秀山,等. 碱化草地群落恢复演替空间格局动态分析. 生态学报, 2001, 21(6): 877-882.

[44] 杨波, 宝音陶格涛. 退化羊草草原轻耙处理后 30 年植物群落恢复演替规律研究. 中国草地学报, 2014, 36(2), 36-42.

[45] 银晓瑞, 梁存柱, 王立新等. 内蒙古典型草原不同恢复演替阶段植物养分化学计量学. 植物生态学报, 2010, 34(1), 39-47.

[46] 张新时, 唐海萍, 董孝斌等. 中国草原的困境及其转型. 科学通报, 2016, 61(2): 165-177.

[47] 中华人民共和国农业部. 中国草地资源. 中国科学技术出版社,1996.

[48] 周青平, 陈仕勇, 郭正刚.标准化牧场建设的原理与实践. 科学通报, 2016, 61(2): 231-238.