

# 高寒沙区草地植被恢复及重建途径研究进展

贺 丽<sup>1</sup>, 钟成刚<sup>2</sup>, 邓东周<sup>1\*</sup>, 鄢武先<sup>1</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 中江县林业局, 四川 中江 618000)

**摘 要:** 目前, 草原退化和沙化已成为中国乃至世界的问题, 越来越多的学者关注沙化草地的保护与恢复, 尤其是沙化草地的植被恢复研究成为国内外生态学家研究的热点。本文在回顾国内外沙化草地植被恢复研究的基础上, 提出了沙化草地植被恢复与重建的基本途径, 并对沙化草地植被恢复与重建研究进行了展望。

**关键词:** 沙化草地; 植被恢复; 重建

中图分类号: S718.57 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2014)06-0032-06

## Advance in Researches on Measures of Vegetation Restoration and Rehabilitation in the Arctic-alpine Sandy Grassland

HE Li<sup>1</sup>, ZHONG Cheng-gang<sup>2</sup>, DENG Dong-zhou<sup>1</sup>, YAN Wu-xian<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 2. Zhongjiang Forestry Bureau, Zhongjiang 618000, China)

**Abstract:** Currently the degradation and desertification of grassland have become a problem in China and the world, more and more researchers are concerned about the protection and restoration of the grassland desertification, particularly the sandy grassland vegetation restoration has become a hot research to ecologists at home and abroad. Based on reviewing the sandy grassland restoration research at home and abroad, the steps and pathways of sandy grassland vegetation restoration and rehabilitation are proposed in this paper, the and discussion is made on the restoration and rehabilitation of vegetation of sandy grassland.

**Key words:** Sandy grassland, Vegetation restoration, Rehabilitation

草地沙化是指由于受自然气候和人为破坏性活动的影响, 包括超载过牧、草原开垦种植、乱采滥挖中草药等, 导致草地原生植被发生不同程度的演替。土壤受侵蚀, 土质沙化, 土壤含水量下降, 营养物质流失, 草地生产力减退, 致使原非沙漠地区的草地, 出现以风沙活动为主要特征的类似沙漠景观的草地退化过程<sup>[1]</sup>。

目前, 全球荒漠化正以每年  $50 \times 10^4 \text{ km}^2$  的速度扩展, 全球 100 多个国家和占世界 1/5 的人口受到荒漠化的威胁。中国是世界上沙化和荒漠化较为严重的国家之一, 土地沙化、荒漠化严重阻碍着我国

生态、经济的可持续发展。中国荒漠化在大部分地区扩展速度非常迅速, 只是在局部地方有所逆转。荒漠化导致可利用土地资源锐减, 土地生产潜力衰退, 沙尘暴等自然灾害频发, 加深荒漠化地区贫困, 威胁人类生存。国家林业局 2005 年发布的《中国荒漠化和沙化状况公报》显示, 截至 2009 年底, 荒漠化土地面积  $262.37 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 沙化土地面积  $173.11 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 分别占国土总面积的 27.33% 和 18.03%<sup>[2]</sup>。因此, 在世界范围内兴起了旨在为保护现有的自然生态系统, 综合整治与恢复已退化的生态系统, 改善生态环境, 提高区域生产力, 实现可持

收稿日期: 2014-10-16

基金项目: 川西藏区沙生植物种质资源调查与初步评价研究。

作者简介: 贺 丽(1987-), 女, 硕士, 主要从事群落生态学、植物学等方面的研究。

通讯作者: 邓东周(1982-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事恢复生态学、林学等方面研究。E-mail: dongzhou@163.com

续发展的不同规模、不同形式的生态恢复与重建活动<sup>[3-7]</sup>。

退化生态系统恢复的实质是植物群落的演替,是植物群落结构从简单到复杂,从低级到高级的演替过程。植被是陆地生态系统的主体,对生态环境建设起着极其重要的防风固沙作用<sup>[8-9]</sup>。目前认为通过人工措施来保护、改造和建设植被进行恢复是最为经济有效和最为稳定持久的防治土地荒漠化措施<sup>[10]</sup>。植被恢复启动了沙地生态系统的良性演替过程<sup>[11]</sup>。植物治沙使流沙向形成土壤的方向良性发展,起到固定沙地和防止沙化草地持续恶化的作用<sup>[12]</sup>。因此,探讨和研究沙化草地植被恢复与重建途径的理论与方法对草地生态系统的恢复有着十分重要的意义。

## 1 沙化草地植被恢复与重建

### 1.1 沙化草地植被恢复概述

沙化草地植被恢复就是指运用生态学原理,借助一系列的生态技术与工程,保护草地生态系统中现有植被,修复或者重建被毁坏以及被破坏的植被,继而恢复其生物多样性。根据具体生境条件与需要选择适宜的物种,并进行种群与群落调控,这是生态恢复的关键技术之一。

### 1.2 沙化草地植被恢复研究现状

#### 1.2.1 国外沙化草地植被恢复研究现状

退化、沙化草地植被恢复一直是草原生态学家关注的问题,世界各国都在努力探索。国外开展的研究较早,可追溯到 20 世纪 20 年代。已有资料记载最早的、也是较为经典的草原恢复生态学试验始于 1935 年,由美国威斯康星大学 Leopold 教授带领他的学生,在学校植物园中草场上开展了较为正规和严密的科学试验,同时又在威斯康星河沙滩海岸附近的另一块废弃地上进行恢复工作。他们成功地创造了今天的威斯康星大学植物园景观和生态中心,这是最早的生态恢复范例。此后,澳大利亚、新西兰、以色列等国实施了疏林草原建设工程和稀疏化草原工程<sup>[13]</sup>。20 世纪 40 年代初美国也开始了西部草原垦荒后受损草地植被的恢复研究<sup>[14]</sup>。此外,前苏联在沙地人工植被配置方面还做出了一些研究,创造了依据沙地水分状况进行壕沟法配置、分区造林法配置和花坛丛林法配置等方法<sup>[15]</sup>。目前,世

界上畜牧业发达国家人工草地已占天然草地的 50% 以上或更高,并通过草地生物量和土壤的动态监测,以草定畜,减少草地退化,实行了草地科学化管理和利用<sup>[16-18]</sup>。

20 世纪 50~60 年代,各国均已开展了生态环境恢复工作。1973 年在美国第一次召开了专门系统地讨论受损生态系统恢复和重建等生态学问题的学术会议。1996 年,在瑞士召开的恢复生态学国际会议,标志着恢复生态学的研究和实践已步入了新的时期。至 2002 年,国际恢复生态学大会已举办了 14 届。近年来,随着世界环境问题的日益突出,国外对退化草原的植被恢复与重建研究呈现出全球性或区域性的联合趋势<sup>[19]</sup>。

#### 1.2.2 国内沙化草地植被恢复研究现状

我国有关退化、沙化草地恢复重建研究,始于上世纪 80 年代初。相关研究主要有万婷<sup>[20]</sup>等对川西北不同程度沙化草地植被群落、生物量、土壤含水量、容重和孔隙度等特征因子进行分析,揭示了川西北地区由湿地到严重沙化草地演替的不同阶段植被和土壤特征的变化情况,结果表明随着草地沙化程度加剧,群落呈现出“湿生-中生-旱生”的演替过渡格局;姜丽娜<sup>[21]</sup>等分析了赤峰市敖汉旗不同带间距离以及不同时间梯度上的植被恢复过程及物种多样性的差异,从而阐明行带式固沙林对带间植被自然修复的促进作用,并且适宜带间距离的林带具有明显的加快和促进植被修复的作用;李慧卿<sup>[22]</sup>对乌兰布和沙漠地区固沙地灌木草本多种群多规模混合格局进行了研究;包雪原<sup>[23]</sup>提出了浑善达克沙地植被恢复与重建的主要措施体系,沙地植被以自然恢复为主,辅以人工措施;陈怀顺<sup>[24]</sup>研究了西藏“一江两河”中部流域河谷沙化草原的恢复途径:划分了“一江两河”中部流域河谷沙化草原的类型,并通过示范区试验结果分析探讨了沙化草原植被恢复的主要措施;陈敏<sup>[25]</sup>就如何较好的利用和恢复退化草原所采取的措施做了详细的研究;杨洪晓<sup>[26]</sup>等对高寒沙区植被人工修复与种子植物物种多样性的变化进行了研究,结果表明人工治理初期沙地植物群落的物种多样性指数不断上升,设置人工沙障后促进植物物种顺利定居并启动植被的恢复重建;赵成章<sup>[27]</sup>等对高寒山区不同植被恢复方式下群落稳定性展开了研究,结果表明人工草地群落盖度、高度和地上生物量特性明显优于撂荒地和天然草地,但与天然草

地相比未形成密丛型禾草,群落稳定性差;沈彦<sup>[28]</sup>等对宁夏草地的封育效益进行了研究;赵仁昌对四川若尔盖草地沙化及防治对策进行了研究<sup>[29]</sup>;包青海<sup>[30]</sup>等通过对典型草原土壤种子库种子数量与组成进行研究,发现一年生和二年生植物的种子数量杂草类较多,禾草种子数量相对较少。杨春华<sup>[31]</sup>等研究表明,播种显著提高地上生物量,草地的优势植物种类发生改变;陆光平<sup>[32]</sup>等研究发现垂穗披碱草(*Elymus nutans*)具有耐寒、耐旱、耐践踏等生物学特性,是青海高寒地区乃至西北地区建立人工草地和改善草地生态环境的主要草种之一;张耀生<sup>[33]</sup>等研究发现在青藏高寒牧区,老芒麦的无性繁殖与有性繁殖两种情况并存,较强的繁殖能力是草地退化趋势逆转的生物学基础;干友民<sup>[34]</sup>等对川西北沙化草地生态恢复工程效益进行了研究,结果表明生态恢复工程加快了沙化草地植被的恢复速度与群落正向演替的速度,但恢复演替需要较长的时间。

总之,众多学者从不同角度对退化草原恢复的措施、植物群落特征、土壤环境变化及植被与土壤之间的关系等方面作了大量细致的工作。目前该领域的研究已经比较广泛和深入,但无论从理论方法,还是应用研究方面来讲,与发达国家存在着一定的差距,如在研究领域以及所采用的技术条件等方面,还有待于进一步作更深入的探讨。

## 2 沙化草地植被恢复与重建的步骤与途径

### 2.1 环境背景调查和诊断

环境背景的调查主要是弄清以下几方面问题:(1)气候及其时空变化规律;(2)物种多样性现状、植被演替的过程和方向及其存在的问题;(3)土壤及其空间变化规律;(4)人类干扰活动对植被、自然环境演变的影响;(5)人口和社会经济发展现状及其趋势;(6)恢复与重建区域的地理区位特征等。通过环境背景调查和研究,弄清哪些环境因子是利因素,哪些是不利因素,以及哪些是限制因子。在植被恢复与重建时扬长补短,发挥区域优势,弥补不足,充分考虑植被的作用,这是植被恢复和重建的基础,也是制订切实可行的对策和方法的保证。例如:包雪原<sup>[23]</sup>对浑善达克沙化草地植被恢复研究时先进行了研究区地理状况、社会经济概况、土地利用结构的调查,然后进行植被恢复方案的制定。

### 2.2 植被恢复与重建对策的选择

植被恢复对策主要包括自然恢复和人工恢复两种,即自然恢复和人工恢复。自然恢复指无需人为协助,仅仅依靠自然演替来恢复已退化的生态系统。植被的自然恢复过程需要经历很长时间,受到严重干扰的植被恢复时间更长。人工恢复是指按照人的意愿来进行植被恢复与重建。根据不同的沙化程度、沙化趋势、人类干扰程度等进行植被恢复与重建。由于植被自然恢复时间长,恢复效果较差,若引入原生物群落的一些建群种,经过特定时期的恢复即可实现植被的基本复原;利用物理或化学方法直接改良土壤环境,使之能够直接进行生态恢复。

### 2.3 物种的引种和筛选。

物种的选择是植被重建的基础。植物种类的选择,应当从植被的地带性分布规律特征和恢复区的大、小气候等立地条件着手,重点考虑选择具有良好生态效益和经济效益的乡土物种,选用适应当地生长的植物种类,才能取得好的恢复效果<sup>[35]</sup>。对外来物种的引进,在生态合理的基础上先试种,再研究推广,防止外来物种的侵害。20世纪90年代以来,植物种类的筛选倍受重视。沈渭寿<sup>[36]</sup>等观测了北方优良沙生植物种和西藏乡土沙生植物种在雅鲁藏布江中游高寒河谷流动沙地上的出苗、保存、生长和繁殖情况,筛选和确定了西藏高寒流动沙地植被恢复物种籽蒿、花棒、沙拐枣、杨柴和砂生槐。它们在高寒河谷流动沙地的适应性较好。赵文智<sup>[37]</sup>等指出砂生槐(*Sophora moorcroftiana*) + 多花亚菊(*Ajanía myriantha*)群落是雅鲁藏布江中游下段沙地植被的顶极群落,指出砂生槐和藏沙蒿(*Artemisia wellbyi*)是主要固沙植物。

### 2.4 沙化草地植被恢复与重建途径的方法

根据生态经济规划目标和布局,应用筛选出的适宜物种,模拟自然群落的时空结构,组建不同类型的植物群落,并实施于布局好的适宜地段。

目前关于沙化草地植被恢复的技术方法颇多,对于固定、半固定沙地退化草地恢复,包雪原<sup>[23]</sup>对浑善达克沙化草地植被恢复研究时指出,应该封沙育林育草,辅以人工措施,进行植灌造林促进沙地植被恢复。对于人工植被恢复技术,主要是配合机械沙障技术使用各种混播组合。曹成有<sup>[38]</sup>等研究了采用草方格固沙结合播种小叶锦鸡儿的流动沙丘人工群落形成和发展过程。陈文业<sup>[39]</sup>通过对6种草

地植被恢复重建模式研究得出恢复效果最为显著的是草方格+山生柳密植扦插+种草模式,山生柳密植扦插模式植被恢复效果最差。刘之清<sup>[40]</sup>在内蒙古西部沙化草地建立的4个组合的混播人工草地,结果发现最适宜牧草混播组合为闰布勒苜蓿+草木犀状黄芪+扁蓿豆+蒙古冰草。

对于流动沙地植被恢复而言,有研究表明机械沙障和生物沙障相结合,流动沙地植被恢复演替速度会加快<sup>[26]</sup>。同时结合引种固沙植物等措施,改善流动沙丘植被覆盖状况,促进植被恢复,达到彻底治理的目的<sup>[41-42]</sup>。目前,我国沙化草地治理中常用的沙障主要包括草方格沙障<sup>[43]</sup>、花棒沙障<sup>[44]</sup>、黄柳沙障<sup>[45]</sup>、沙柳沙障<sup>[46]</sup>、土壤凝结剂沙障<sup>[47-48]</sup>、沙袋沙障<sup>[49]</sup>、土方格沙障<sup>[50]</sup>等。在我国北部与西北部沙漠、退化草原治理中主要采用了机械沙障,并且起到了显著的效果。

以往治理经验证明,围栏封育是一种简便易行,投资少,见效快的退化草地植被恢复措施,已成为当前退化草地恢复与重建的重要措施之一<sup>[51]</sup>。有研究表明封育改善了植被盖度,减少了草地的风蚀和沙化,有效控制了土壤养分和水分的流失<sup>[52-53]</sup>;刘建<sup>[54]</sup>等指出适度的围封年限既有利于植被的恢复,又有利于土壤特性的改良,而过长时间的围栏封育会导致植被结构和功能的退化以及草地生产力下降。雷虹<sup>[55]</sup>等在科尔沁草原研究证明,围封育草加快了草地恢复,加速了草地植物的正向演替速度。聂素梅<sup>[56]</sup>采取松土、围封结合的方式,对达茂旗退化草原草场和荒漠化草场进行研究,结果表明松土、围封加大优良植物的比例,植物群落向着良性发展。

中科院成都生物研究所在金沙江干热河谷开展了等高线植物篱研究,筛选出近10个优良固氮植物篱物种<sup>[57]</sup>。目前,菌根技术已在我国北方荒漠化治理及南方典型干热河谷植被恢复中得到广泛应用。Alan<sup>[58]</sup>等研究发现豆科牧草在草地植被中的重要性被形容为“草地动力站”,豆、禾草的有机平衡决定了土壤肥力和草地初级生产力,这是因为豆科植物具有固氮作用,提高和改良了土壤的肥力,所以在植被恢复中选择适宜的豆科植物有助于植被更好的恢复。在我国退化草地恢复重建模式方面,针对温带草原退化草地恢复重建模式陈佐忠<sup>[59-60]</sup>提出了“北方温带典型草原退化草地与合理利用的1/10草地转型模式;北方农牧交错区的农牧藕、北繁南育

模式与浑善达克沙地的三分治理模式”。土壤种子库引入法进行植被恢复,张荣<sup>[61]</sup>等认为种子是退化草地成功恢复的主要外在条件。

### 3 植被恢复后的管理、监测和评价

植被恢复是一个长期的过程,对生态效益、经济效益、种间关系和群落关系等的跟踪观测,可为调整优化群落及其组合提供依据。

沙化草地在进行恢复与重建后的管理、监测与评价工作同样重要,它不但能够体现出植被恢复的状况,也能够使管理者和决策者知道何时生态系统已经转换为自我持续性状态与程度,恢复的趋势过程是否有效<sup>[62]</sup>。恢复项目实施后,原有的一切状况都会发生变化。在恢复项目实施前应对当前的沙地的相关状况,如植被覆盖、物种组成、水文环境等做详细的调研和记录,以便在恢复项目完成后期进行观察比较并对恢复能力做评估。

### 4 沙化草地植被恢复研究进展

我国沙化草地植被恢复工作早在1949年就开始实践,在河北西部风沙严重的正定、行唐、灵寿等6个县营造了防风固沙林,先后经历了5个阶段的防沙治沙研究与重大实践。经过60余年的努力,沙化地区在植被恢复理论、技术、基本途径及实践方面取得了巨大成就<sup>[63-65]</sup>。以下就我国沙化草地植被恢复研究提出的几点展望。

(1) 有研究表明沙化草地通过种植人工植物群落加速了沙化草地自然植被的恢复进程<sup>[65]</sup>,但人工恢复模式如何促进已退化群落发生顺行演替的,其机制需要进一步深入研究。

(2) 加强对优良沙生植物生物学特性的研究。从其形态特征及光合生理生态特征的变化等研究其对高寒沙化地的适应机理。

(3) 加强对各种植被恢复模式的研究力度,利用长期定位观测来研究各植被恢复模式的生态效益和经济效益,并进行不同植被恢复模式间的相互比较,以确定更优的模式,另外积极推广抗旱、抗寒等科学技术成果,研发新的沙地植被恢复技术,综合提高各种模式的生态经济效益。

(4) 草原植物群落的动态变化与土壤变化具有

一定的相关性<sup>[66]</sup>。目前现众多研究多限于对土壤理化性质对植被恢复过程的响应,在对土壤生物学活性有指示的微生物生物量、土壤酶活性、土壤呼吸等方面对植被恢复过程的响应研究较弱。土壤微生物生物量碳或氮转化速率快,是土壤质量敏感性程度高的指标;土壤酶在沙化土地土壤有机质的形成过程中起着重要的作用,其与沙地土壤结构的形成,养分的转化、成土的形成发育以及评价沙地土壤肥力和固定程度等都有密切的关系;研究植被恢复重建过程中土壤呼吸的变化有助于更好地估测碳汇量<sup>[67]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化状况公报[R]. 北京: 国家林业局 2005.
- [2] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化状况公报[R]. 北京: 国家林业局 2011.
- [3] 包维楷, 刘照光, 刘庆. 生态恢复重建研究与发展现状及存在的主要问题[J]. 世界科技研究与发展 2001 23(1): 43~48.
- [4] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996.
- [5] 刘兴良, 慕长龙, 等. 四川西部干旱河谷自然特征及植被恢复与重建[J]. 四川林业科技 2001 22(2): 10~17.
- [6] 王金锡. 四川西部干旱河谷的生态环境与退耕还林[J]. 四川林业科技 2001 22(1): 27~31.
- [7] 陆佩毅. 陇中黄土丘陵沟壑区植被恢复建设与对策探讨[J]. 甘肃水利水电技术 2011 47(3): 62~64.
- [8] 王伯称, 彭少麟. 植被生态学—群落与生态系统[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [9] 马世威, 秦途. 治沙学[M]. 呼和浩特: 内蒙古教育出版社, 1992.
- [10] 孙保平. 荒漠化防治工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [11] 王礼先. 我国荒漠化土地成因及其防治对策[J]. 世界林业研究 2000 13(6): 32~37.
- [12] 顾峰雪, 文启凯, 潘伯荣. 人工植被下风沙土演变研究综述[J]. 干旱区研究 1999 16(2): 68~70.
- [13] Moshe, Shachak. Savannization an integration of ecological theory experimental approach and successful landscape management in the Nevev desert. 1995.
- [14] Jordan WRA. "Sunf lower Forest": ecological restoration as the basis for a new environmental paradigm. In: Baldw in ADJ ed. Beyond Preservation: Restoring and Inventing Landscape. Minnespolis: University of Minnesota Press, 1995 17~34.
- [15] 张奎壁, 邹受益. 治沙原理与技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [16] Keeley J E. Seed Production seed population in the soil and seeding production after firefore twocongenic pairs of sprouting and non-sprouting charral shrub [J]. Ecology, 1977, (58): 820~829.
- [17] Thompson. K. et al. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in the contrasting habitats [J]. Journal of Ecology, 1979 67: 893~921.
- [18] Robert R. Soil loss and population pressure on Java [J]. Ambio, 1986 15: 14~18.
- [19] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [20] 万婷, 涂卫国, 席欢, 等. 川西北不同程度沙化草地植被和土壤特征研究[J]. 草地学报 2013 21(4): 650~657.
- [21] 姜丽娜, 杨文斌, 姚云峰, 等. 不同配置的行带式杨树固沙林与带间植被修复的关系[J]. 中国水土保持科学 2011 9(2): 88~92.
- [22] 李慧卿. 固沙植被恢复与重建研究—固沙植被多种群多规模格局特点研究(D). 北京林业大学 2005.
- [23] 包雪原. 浑善达克沙地植被恢复与重建途径研究[J]. 干旱区资源与环境 2004 18(8): 128~132.
- [24] 陈怀顺. 西藏“一江两河”中部流域河谷沙化草原及其恢复途径探讨[J]. 草业科学 1997 14(3): 1~5.
- [25] 陈敏. 改良退化草原与建立人工草原的研究[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998.
- [26] 杨洪晓, 卢琦, 吴波. 高寒沙区植被人工修复与种子植物物种多样性的变化[J]. 林业科学 2004 40(5): 45~49.
- [27] 赵成章, 董小刚, 石福习, 等. 高寒山区退耕地不同植被恢复方式下群落稳定性[J]. 山地学报 2011 29(1): 6~11.
- [28] 沈彦, 张克斌, 杜林峰, 等. 封育措施在宁夏盐池草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学 2007 5(3): 90~93.
- [29] 赵仁昌. 若尔盖草地沙化及防治[J]. 四川环境 1995 14(2): 15~20.
- [30] 包青海, 仲延凯, 孙维. 割草干扰对典型草原土壤种子库种子数量与组成的影响 II. 具有生命力的种子数量及其垂直分布[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版) 2000 31(1): 93~97.
- [31] 杨春华, 李向林, 张新全, 等. 秋季补播多花黑麦草对扁穗牛鞭草草地产量、质量和植物组成的影响[J]. 草业学报 2004 13(6): 80~86.
- [32] 陆光平, 聂斌. 垂穗披碱草利用价值评价[J]. 草业科学, 2002 19(9): 13~15.
- [33] 张耀生, 赵新全, 黄德清. 青藏高寒牧区多年生人工草地持续利用的研究[J]. 草业学报 2003 12(3): 22~27.
- [34] 干友民, 罗元佳, 周家福, 等. 川西北沙化草地生态恢复工程对沙地植被群落的影响[J]. 草业科学 2009 26(6): 51~56.
- [35] 王维明. 闽东南坡地植被重建途径研究[J]. 水土保持研究, 2000 7(3): 138~141.
- [36] 沈渭寿, 李海东, 林乃峰, 等. 雅鲁藏布江高寒河谷流动沙地适生植物种筛选和恢复效果[J]. 生态学报 2012 32(17): 5609~5618.
- [37] 赵文智, 李森, 刘玉璋, 等. 西藏雅鲁藏布江中游下段沙地植被研究[J]. 中国沙漠 1994 14(1): 68~74.
- [38] 曹成有, 将德明, 阿拉木萨, 等. 小叶锦鸡儿人工固沙区植被

- 恢复生态过程的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 349 ~ 354.
- [39] 陈文业, 郝华平, 戚登臣, 等. 黄河首曲沙化草地恢复重建模式研究[J]. 草业科学, 2008, 25(6): 14 ~ 18.
- [40] 刘之清, 王国贵. 沙化草地旱作条件下混播人工草地的研究[J]. 中国草地, 2003, 25(2): 69 ~ 71.
- [41] 孙显科, 郭志中. 沙障固沙原理的研究[J]. 甘肃林业科技, 1999, 24(2): 7 ~ 12.
- [42] 张凤春, 蔡宗良. 活沙障适宜树种选择研究[J]. 中国沙漠, 1997, 17(3): 304 ~ 308.
- [43] 李生宇, 雷加强. 草方格沙障的生态恢复作用—以古尔班通古特沙漠油田公路扰动带为例[J]. 干旱区研究, 2003, 20(1): 7 ~ 10.
- [44] 刘艳军, 刘明义, 张力, 等. 花棒带状沙障防风固沙试验研究[J]. 中国水土保持, 1999, 4(4): 23 ~ 25.
- [45] 李树苹. 黄柳沙障柠条网格在水土保持中的作用及特性[J]. 水土保持研究, 1998, 5(3): 126 ~ 128.
- [46] 高永, 邱国玉, 丁国栋, 等. 沙柳沙障的防风固沙效益研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 365 ~ 370.
- [47] 董智, 李红丽, 左合君, 等. 土壤凝结剂沙障防风固沙实验研究[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(2): 46 ~ 50.
- [48] 董智, 李红丽, 左合君, 等. 土壤凝结剂沙障防风固沙机理的风洞模拟实验研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(3): 154 ~ 159.
- [49] 韩致文, 刘贤万, 姚正义, 等. 复膜沙袋阻沙体与芦苇高立式方格沙障防风固沙机理风洞模拟实验[J]. 中国沙漠, 2000, 20(1): 40 ~ 44.
- [50] 柴发盛. 土方格沙障在防治沙造林中的作用[J]. 青海农林科技, 2001, 3(3): 58 ~ 59.
- [51] 周华坤, 周立, 刘伟, 等. 封育措施对退化与未退化矮禽草草甸的影响[J]. 中国草地, 2003, 25(5): 15 ~ 22.
- [52] 马志广, 陈敏, 聂素梅, 等. 蒙吉陕三省半干旱退化草原改良配套技术研究[J]. 草地学报, 1999, 7(2): 95 ~ 106.
- [53] 肖力宏, 宝音陶格涛, 刘海林. 草地退化的原因及退化草地改良的研究[J]. 科学管理研究, 2004, 22(2): 27 ~ 29.
- [54] 刘建, 张克斌, 程中秋, 等. 围栏封育对沙化草地植被及土壤特性的影响[J]. 水土保持通报, 2011(8), 31(4): 180 ~ 184.
- [55] 雷虹, 王文成. 围封对沙化草地植物群落变化的影响[J]. 辽宁畜牧兽医, 2002, 2: 38 ~ 39.
- [56] 聂素梅, 闰志坚, 王育青, 等. 达尔罕茂明安联合旗退化天然草场松土围封效果分析[J]. 内蒙古草业, 1999, 4: 4 ~ 8.
- [57] 刘学军, 李秀彬, 等. 等高线植物篱提高坡地持续生产力研究进展[J]. 地理科学进展, 1997, 16(3): 70 ~ 79.
- [58] Alan Mc Dermott, Wang Yuansu. Pasture livestock system management in southwest China[C]. UNDP-UNV, 2000.
- [59] 陈佐忠. 我国天然草地生态系统的退化及其调控[M]. 中国土地退化防治研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1990, 86 ~ 89.
- [60] 陈佐忠, 盛修武, 等. 不同类型草原群落雨季施肥的生态效应[M]. 草原生态系统研究. 北京: 科学出版社, 1988, 225 ~ 231.
- [61] 张荣, 杜国祯. 放牧草地群落的冗余与补偿[J]. 草业学报, 1998, 7(4): 13 ~ 19.
- [62] 程冬兵, 蔡崇法, 孙艳艳. 植被恢复研究综述[J]. 亚热带水土保持, 2006, 18(2): 24 ~ 27.
- [63] 苏洲. 呼伦贝尔风蚀沙化草场植被恢复技术途径研究[D]. 中国农业大学, 2005.
- [64] 张连义, 刘爱军, 邢旗, 等. 内蒙古典型草原区植被动态与植被恢复—以锡林郭勒盟典型草原区为例[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 185 ~ 190.
- [65] 张金鹏. 呼伦贝尔沙化草地植被恢复模式效果评价及动态分析[D]. 北京林业大学, 2010.
- [66] 丁勇, 牛建明, 杨持. 沙质草原植物群落退化与沙化演替[J]. 生态学杂志, 2006, 25(9): 1044 ~ 1051.
- [67] 刘海涛. 高寒沙地乌柳林生理生态特性及植被恢复过程研究[D]. 中国林业科学研究院, 2012.

(上接第 115 页)

劳动力就业问题, 增加当地农民的经济收入, 为当地社会秩序的和谐发展起到了一定的作用。另一方面通过抚育间伐及时采伐利用即将枯死、已枯死和部分有缺陷的林木, 使生产单位能够在早期获得一部分资金, 提高林分的木材利用率。

实施森林抚育补贴试点项目后, 积累了森林抚育管理经验, 充分利用森林资源, 通过抚育间伐, 实

现了“青山常在, 永续利用”的森林经营方针。

#### 参考文献:

- [1] 周国相, 吴立东, 王玉林. 对森林抚育采伐的目的及效果的分析[J]. 林业勘查设计, 2004, 1(1): 12 ~ 13.
- [2] 陈昱杉. 吉林省森工林区抚育综合效益评价研究[D]. 东北林业大学, 2011: 32 ~ 33.
- [3] 曹东升. 中幼龄林抚育在现代林业中的应用[J]. 中国林业, 2011, 4(2B): 40.