

退化土地植被恢复与重建技术丛书

高寒沙地防护林 生态服务功能研究

贾志清 等 著



科学出版社

退化土地植被恢复与重建技术丛书

高寒沙地防护林 生态服务功能研究

贾志清 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在大力推进生态文明和美丽中国建设的历史背景下,以高寒沙地区域生态环境建设实际需求为目标,基于青海共和荒漠生态系统国家定位观测研究站长期大量野外实地观测数据,在深入研究高寒沙地典型防护林生理生态特性及其与环境关系的基础上,构建了高寒沙地防护林生态服务功能综合评价体系,全面系统地分析了不同类型防护林在改善小气候、防风固沙、固碳及改良土壤等方面的生态服务功能。利用地理信息系统(GIS)和遥感(RS)技术,在区域尺度上,对高寒沙地生态服务功能进行了综合评估。研究成果可为高寒沙地生态环境建设以及监测评估提供理论依据和技术支撑。

本书可供生态环境、水土保持与荒漠化防治、植物生理学、森林培育等领域的技术人员以及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高寒沙地防护林生态服务功能研究/贾志清等著. —北京: 科学出版社, 2018.6

(退化土地植被恢复与重建技术丛书)

ISBN 978-7-03-054753-8

I. ①高… II. ①贾… III. ①寒冷地区-沙漠化-防治-研究-中国
IV. ①P942.073

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 246367 号

责任编辑: 张会格 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 刘新新

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 10 3/4 插页: 4

字数: 218 000

定价: 118.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《高寒沙地防护林生态服务功能研究》

编著组

主 编：贾志清

副主编：李清雪 李 虹

编著人员（按姓氏笔画排序）：

于 洋 冯莉莉 朱雅娟 刘 瑛 刘丽颖

刘海涛 李 虹 李清雪 杨恒华 杨德福

何凌仙子 赵雪彬 贾志清

前 言

生态系统是指一个具有特定功能的有机体，由生产者、消费者、分解者、无机环境等部分组成，其间不断地进行着物质循环、能量流动和信息传递活动。生态系统服务功能主要包括向社会经济系统输入有用的物质和能量、接收和转化来自社会经济系统的废弃物，以及直接向人类社会成员提供服务。20 世纪 60 年代以来，人口急剧增加、对资源掠夺式开采、生态环境破坏等因素造成生态系统退化、土地荒漠化、气候变暖、生物多样性丧失等一系列环境问题，并日益威胁人类生存与发展。随着上述生态环境问题的产生，生态系统的服务功能日益被重视，生态系统的功能及固有价值也成为生态学领域的一个研究热点，尤其是 2001 年 6 月 5 日，由世界卫生组织、联合国环境规划署和世界银行等机构组织开展的千年生态系统评估（millennium ecosystem assessment, MA），首次对全球生态系统进行了多层次综合评估，极大地推进了对生态系统服务功能的研究。

青海高原高寒区是全国沙漠化危害最严重的地区之一，其独特的地理、地质和气候环境，加上人类不合理的经济活动，形成了大面积的沙地。青海高原的高寒沙区与其他沙区比较，最大的特点就是海拔高、气温低、积温少、无霜期短，是自然环境条件最严酷的沙区之一。青海省共和盆地处于青藏高原东北部，是祁连山与昆仑山的过渡带，气候类型属高寒干旱荒漠与半干旱草原的过渡区域，既是高寒荒漠生态系统环境变化的敏感地区，又是青海省荒漠化的典型代表。因此，本专著以共和盆地为主要研究区，对高寒沙地防护林生态服务功能进行研究。

1958 年青海省林业厅在共和县沙珠玉乡建立了青海省治沙试验站，2006 年其加入国家陆地生态系统定位观测研究站网，是国内唯一一个以高寒荒漠生态系统为研究对象的生态站。经过一代代治沙人 50 多年的努力，通过采取工程治沙、植物治沙、工程与植物相结合的治沙措施，实现了退化生态系统的植被恢复与重建，取得了显著成效，目前已建成完整的防风固沙体系，主要的防护林类型有中间锦鸡儿防护林、乌柳防护林、柠条锦鸡儿防护林、沙蒿防护林、怪柳防护林等纯林防护林，小叶杨+乌柳防护林和乌柳+沙柳防护林等混交林防护林。

本专著基于青海共和荒漠生态系统国家定位观测研究站（简称共和站）长

期观测研究的数据,充分考虑高寒沙地人工防护林的典型性和代表性,采用植物生理学、生态学、植物学、土壤学、水文学等相结合的研究方法,系统分析了不同典型防护林的光合特性、水分利用策略、根系分布特征、林下生物多样性以及土壤养分等生理生态特征。选取改善小气候功能、防风固沙功能、固碳功能及改良土壤功能等主要功能指标,构建了高寒沙地防护林生态服务功能评价体系。在区域尺度上,利用地理信息系统(GIS)结合遥感(RS)分析,对青海省共和盆地区域生态服务功能进行了评估。研究成果将为高寒沙地生态林业工程建设及实施效果评估提供理论依据与技术支持,对于全面认识青藏高原荒漠生态系统服务功能,构筑青藏高原生态脆弱区生态安全屏障具有重要的现实意义。

全书共6章。本书编写人员分工如下:第1章,贾志清、李清雪、李虹、冯莉莉;第2章,贾志清、李清雪、李虹、杨德福、冯莉莉;第3章,贾志清、李清雪、李虹、杨德福、杨恒华、赵雪彬、冯莉莉;第4章,贾志清、刘海涛、于洋、刘丽颖、李清雪;第5章,贾志清、李虹、朱雅娟、李清雪、冯莉莉;第6章,贾志清、冯莉莉、刘瑛、李清雪、李虹;附录,贾志清、何凌仙子、李清雪、李虹。

全书由贾志清、李清雪负责统稿和定稿。

本研究依托青海共和荒漠生态系统定位观测研究站,由林业公益性行业科研专项“高寒沙地防护林生态服务功能研究(201204203)”和“十二五”农村领域国家科技计划专题“优良固沙植物材料筛选及其配套技术研究(2012BAD16B0102)”共同资助完成。

本书的部分照片由青海省林业厅许国海、杨德福提供,在此表示感谢。

本书作为科学研究的阶段性成果,由于各方面条件所限,难免会有一些不足之处,敬请广大读者批评指正。

著 者
2017年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 生态系统服务的内涵	1
1.2 生态系统服务功能国内外研究概况	2
1.2.1 生态系统服务功能国外研究概况	2
1.2.2 生态系统服务功能国内研究概况	5
主要参考文献	8
第 2 章 共和盆地沙漠化土地研究进展	12
2.1 共和盆地沙漠化土地主要研究进展	12
2.2 共和盆地土地沙漠化主要防治措施	14
2.2.1 工程防治措施	14
2.2.2 植物防治措施	15
主要参考文献	17
第 3 章 研究区自然环境特征	19
3.1 地理位置	19
3.2 气候	19
3.3 水文	19
3.4 土壤	20
3.5 植被	20
第 4 章 典型防护林生理生态特性及林下环境特征	22
4.1 研究方法	23
4.1.1 光合特性测定方法	23
4.1.2 水分生理特性及叶性状特征测定方法	25
4.1.3 林下生物多样性测定方法	25
4.1.4 林下土壤特性测定方法	27
4.1.5 生物量测定方法	28
4.1.6 含碳率和碳密度的测定与计算	29
4.1.7 水分利用策略测定方法	30
4.2 乌柳防护林的生理生态特性及林下环境特征	31

4.2.1	不同林龄乌柳的光合特性	31
4.2.2	不同林龄乌柳水分生理特性及叶性状特征	37
4.2.3	不同林龄乌柳林林下生物多样性研究	41
4.2.4	不同林龄乌柳林对土壤特性的影响	47
4.2.5	不同林龄乌柳林生物量和生产力	59
4.2.6	不同林龄乌柳林碳密度碳贮量及其分配特征	70
4.2.7	不同林龄乌柳林的水分利用策略	79
4.3	中间锦鸡儿防护林的土壤改良效应及水分利用策略	83
4.3.1	不同林龄中间锦鸡儿人工林的土壤改良效应	83
4.3.2	不同林龄中间锦鸡儿人工林根系分布特征	88
4.3.3	不同林龄中间锦鸡儿人工林的水分利用策略	92
4.4	结论	97
	主要参考文献	98
第 5 章	典型防护林生态服务功能研究	102
5.1	研究方法	102
5.1.1	试验材料	102
5.1.2	改善小气候功能测定方法	103
5.1.3	防风固沙功能测定方法	103
5.1.4	固碳功能测定方法	103
5.1.5	改良土壤功能测定方法	104
5.2	不同防护林类型改善小气候功能	105
5.2.1	不同防护林类型对气温的影响	105
5.2.2	不同防护林类型对相对湿度的影响	107
5.2.3	不同防护林类型对土壤温度的影响	107
5.2.4	不同防护林类型对土壤体积含水量的影响	109
5.2.5	小结	110
5.3	不同防护林类型防风固沙功能	111
5.3.1	不同防护林类型对风速的影响	111
5.3.2	不同防护林类型对沙尘的影响	113
5.3.3	小结	113
5.4	不同防护林类型固碳功能	114
5.4.1	不同防护林类型各部分生物量分配特征	114
5.4.2	不同防护林类型各部分碳密度	115
5.4.3	不同防护林类型生物量与碳贮量	116

5.4.4	不同防护林类型对草本群落特征的影响	116
5.4.5	不同防护林类型碳贮量空间分布特征	117
5.4.6	小结	119
5.5	不同防护林类型改良土壤功能	119
5.5.1	沙丘上不同防护林类型土壤物理特性差异	120
5.5.2	沙丘上不同防护林类型土壤养分含量差异	123
5.5.3	丘间地不同防护林类型土壤物理特性差异	124
5.5.4	丘间地不同防护林类型土壤养分含量差异	127
5.5.5	土壤质量综合评价	128
5.5.6	小结	135
5.6	防护林生态系统服务功能综合评价	135
5.6.1	评价方法	136
5.6.2	建立层次结构模型	136
5.6.3	计算综合权重	138
5.6.4	小结	138
5.7	结论	140
	主要参考文献	140
第 6 章	基于 GIS 的青海省共和盆地生态服务功能评估	143
6.1	共和盆地生态服务功能评估研究	144
6.1.1	评估指标的确定	144
6.1.2	数据来源及预处理	144
6.1.3	评估方法	145
6.2	共和盆地净初级生产力空间分布特征	147
6.3	共和盆地植被净初级生产力的变化特征	148
6.3.1	简单差值法	148
6.3.2	线性回归分析法	149
6.4	固碳释氧价值评价	149
6.5	防风固沙价值评价	149
6.6	营养物质循环价值评价	150
6.7	涵养水源价值评价	150
6.8	结论	150
	主要参考文献	151
附录	共和盆地沙区主要植物名录	154
附图		

第 1 章 绪 论

1.1 生态系统服务的内涵

生态系统服务在西方兴起的标志性著作 *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystem* 中,被定义为“生态系统服务是支持和满足人类生存的自然系统及其组成物种的条件和过程”。此后,不同的学者从各自不同的角度给生态系统服务下了定义,比较典型的有: Cairns (1997) 从生态系统的特征出发将其定义为“对人类生存和生活质量有贡献的生态系统产品和生态系统功能”,该定义也指出生态系统服务对人类是有贡献的,生态系统服务体现的主体是产品和功能。董全 (1999) 认为“生态系统服务是自然生物过程产生和维持的环境资源方面的条件和服务”,该定义暗含了生态系统服务对人类生存的支持,同时指出是自然过程产生和维持的,并通过环境资源的条件和服务对人类社会起作用。综合上述定义可以发现,生态系统服务是指自然生态系统及其组成物种产生的对人类生存和发展有支持作用的状况和过程,即自然生态系统的结构和功能的维持会生产出对人类的生存和发展有支持和满足作用的产品、资源和环境。

生态系统服务功能主要包括向社会经济系统输入有用的物质和能量、接收和转化来自社会经济系统的废弃物,以及直接向人类社会成员提供服务。目前,生态系统服务功能包括多种指标,可被概略地分为两类:一类是生态系统产品,如为人类提供食物、原材料、药品等可以商品化的功能,表现为直接价值;另一类是支撑与维持人类赖以生存的环境,如气候调节、物质循环、水文稳定、净化环境、生物多样性维持、防灾减灾和社会文化等难以商品化的功能,表现为间接价值(张永利等, 2010)。Daily (1997) 认为生态系统的服务功能应包括空气与水的净化、干旱与洪涝灾害的控制、对废弃物的分解及种子的传播等。Costanza 等 (1997) 将生态系统服务功能分为了 17 种利用方式,主要包括气候管理、气体管理、扰乱管理、水管理、水供应、侵蚀控制及沉积保存、土壤形成、营养循环、废物处理、授粉、生物控制、庇护、食物生产、原材料、遗传资源、娱乐、文化等。谢高地等 (2001) 在 Costanza 等研究的基础上,参考中国地区生态系统的特点,在对我国 200 位生态学者进行问卷调查的基础上,制定出了我国生态系统生态服务价值当量因子表。该表主要是针对我国主要的 6 种自然生态系统(森林、草地、农田、湿地、水体和荒漠),对我国的生态系统服务功能进行了归纳总结,并将其划分为气候调节、气体调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生

物多样性维持、食物生产、原材料生产、休闲娱乐等 9 项功能，并以此为基础制定出了我国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表。目前，得到国际广泛认可的生态系统服务功能分类系统是由联合国千年生态系统评估（MA）提出的，其将主要服务功能利用方式划分为提供产品、调节、文化和支持这 4 个大的功能组（Millennium Ecosystem Assessment, 2005）。

1.2 生态系统服务功能国内外研究概况

1.2.1 生态系统服务功能国外研究概况

目前国外有关生态系统服务及其价值评估已经研究的相当广泛，其主要特点是不同研究者从不同的研究角度开展工作。现代意义上的生态系统服务最早见于 1864 年 Marsh 著述的 *Man and Nature* 一书，他注意到森林生态系统具有保持水土、改善气候、净化环境、控制害虫和修复工农业导致的环境破坏的作用。1935 年 Tasley 提出了生态系统的概念，生态系统逐渐成为生态学研究的一个基本单位。20 世纪 40 年代，Leopold 就认真思考了生态系统向人类提供服务的问题，提出了“健康的土壤是被人类使用但其功能没有降低的土壤”的观点。Holdren 和 Ehrlich（1974）发表的题为 *Human population and the global environment* 的文章中，提出了生态服务功能与生物多样性的丧失之间的关系，并讨论了能否用先进的科学技术来替代自然生态系统的服务功能等问题。该文章的发表不仅引起了人类对生态服务功能的关注，同时也为对生态服务今后的深入研究奠定了良好的基础。Ehrlich 和 Ehrlich（1981）对“全球生态系统的公共服务”和“自然的服务”进行了梳理和统一，提出了“生态系统服务（ecosystem service）”，这一术语逐渐被公众和学术界认可，其内涵也更加明确。以 Daily（1997）主编的 *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystem* 一书为标志，生态系统服务功能研究已成为生态学中的热点问题之一。随后以 Daily 为代表的研究小组系统地对生态系统服务功能的概念、研究简史、价值评估理论、不同生态系统的服务功能等方面的内容进行了研究。

Costanza 等（1997）在 *Nature* 发表的 *The value of the world's ecosystem services and natural capital* 一文中对全球 16 种生物群系的 17 项生态系统服务功能及其自然资本的价值进行了评估，得到的总经济价值约为 33 万亿美元。Pimentel（1998）还曾尝试估算了生物多样性提供的服务价值，包括有机废弃物的分解、7000 多种化学物质的生物降解、土壤生物对农业生产的作用、生物固氮、动物和植物基因改良、害虫控制、农作物授粉、药用植物等。据他们测算的结果，美国境内和全球范围内所有生物及基因带来的经济和环境利益分别为 3000 亿美元/a 和 30 000 亿美元/a。2001 年，联合国启动千年生态系统评估（MA），以生态系统服务功能评价作为主

线,对全球生态系统进行评价,将生态学知识与人类对自然的认识成果应用于经济决策中,提出生态系统服务功能是人类从生态系统中能够获得的利益。评价生态系统服务功能的货币价值对于协调人与自然系统之间的关系具有重要作用,在微观层面上,价值评价能够揭示生态系统的结构、功能及其在维持人类福利中的复杂作用,其边际效益估算能够提供自然环境的相对稀缺性的定量信息,从而引导人类对自然生态系统的合理利用;在宏观层面上,价值评价有助于构建人类福利和可持续发展的指标体系(Howarth and Farber, 2002)。MA 计划开展后,对生态系统服务功能的研究也集中在对生态系统服务功能评估方面。随后,国外相继研发了多种适合于大尺度评估生态系统服务功能的生态模型。Boumans 等(2002)研发出全球生物圈复合模型(GUMBO),并利用此模型计算出 2000 年全球生态系统服务功能价值是世界生产总值的 4.5 倍。此后,CITYgreen、InVEST、ARIES、SolVES 等生态模型逐渐被应用于评估中(Solecki et al., 2005; Nelson et al., 2009; Villa et al., 2009; Sherrouse and Semmens, 2012)。同时,随着遥感(RS)与地理信息系统(GIS)的发展,生态系统服务价值评估研究发生了革命性变化,拓宽了生态学家们的研究思路(Ayanu et al., 2012; Galbraith et al., 2015; Abelleira Martínez et al., 2016; Paruelo et al., 2016)。

森林约占地球陆地面积的 1/3,是陆地生态系统中面积最大、最重要的自然生态系统。随着社会的发展和进步,人类对森林的思维模式和自身需求都有了很大变化,从人类最初认识的木材生产功能到如今森林的生态效益、社会效益和经济效益为人类生活提供林产品与多种服务(Harrison et al. 2010)。在欧洲,20 世纪 50 年代,德国最早提出了森林生态系统的多效益理论,随后欧美的一些国家(美国、瑞典等)也采用了这一理论,这一研究阶段称为森林的多效益价值理论阶段。Peters 等(1989)对亚马孙雨林的林副产品进行了评价研究。Tobias 等人(1991)从不同角度对热带雨林的生态效益进行了讨论,并为热带雨林的可持续发展提出建议。Adger 等(1995)的研究表明,墨西哥森林生态系统的服务功能总价值为 40 亿美元/a,单位面积森林生态系统服务功能价值为 80 美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。Groot(2002)计算出巴拿马单位面积森林的综合服务功能价值为 500 美元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。Nahuelhual 等(2007)对智利的瓦尔迪维亚雨林的生态服务价值进行了研究。Bernard 等(2009)的研究结果表明哥斯达黎加的塔盘缇热带雨林的生态服务价值为 2500 万美元。随着生态系统服务研究的不断深入,一些研究已经开始关注森林生态系统服务的正负效应(Escobedo et al., 2011)。这些研究充分表明了国际社会对森林生态系统服务功能的评价非常重视。

草地生态系统服务功能的效益明显大于其直接的经济效益,而且表现为长期的持续性效益。对草地生态系统价值的研究,分析及估算草地生态系统的各种效益,尤其是对生态系统功能价值的评价,对制定合理的生态保护策略、恢复草地生态系统、合理开发利用草地资源具有重要意义,对维护地区社会稳定和国家生

态安全具有现实意义。目前,国际上关于草地生态系统服务价值的研究不是很多,仅在全球尺度或区域尺度中有所体现。Sala 等(1997)对草地生态系统服务功能进行总结,详细阐述了草地在维持大气成分、改善气候、保育土壤和基因库这4个方面的功能,并对其进行了生态价值估算。Suttie 等(2005)基于草地生态系统的生产功能及保护研究方法,提出了关于草地生态系统服务功能的评价体系。Carolyn 等(2009)提出了生态系统保护与退化生态系统恢复的定量评价方法。以上研究对人类认识草地生态系统重要性及保护草地生态环境具有积极作用。

农田生态系统是人类社会存在和发展的基础,有着自然与社会的双重功能,一方面它要为人类的生存提供食物和燃料,另一方面它还给人类带来市场无法购买到的福利,比如涵养水源、调节大气等。国外有些学者对农田生态系统服务功能及其价值评估进行了研究,如 Bailey 等(1999)对 1992~1995 年集约农业和传统农业中某些生态系统服务功能进行比较研究。Wood 等(2000)对世界农业生态系统进行研究,结果表明 1997 年农业生态系统的粮食生产服务价值为 1.3 万亿美元,土壤盐碱化造成生产力下降的损失为 110 亿美元,全球 17%的灌溉耕地提供了全球 30%~40%的粮食,承担了全球碳储量的 18%~24%。Aizaki 等(2006)用条件价值法评估了日本农村地区农田的多种服务功能价值,包括防洪功能、地下水循环功能、涵养水源功能、水土保持功能、营养物质循环功能、景观欣赏功能、野生物种保护功能,得出一个家庭每年愿意为保护农田的生态服务功能支付 4144 日元。Dominati 等(2010)归纳了土壤自然资源产生的生态系统服务功能,包括:肥力作用、过滤和储存作用、结构作用、气候调节作用、生物多样性保护作用以及资源作用六大类。

湿地被称为“地球之肾”,是地球上具有多种独特功能的生态系统,它不仅为人类提供大量食物、原料和水资源,而且在维持生态平衡、保持生物多样性和珍稀物种资源以及涵养水源、蓄洪防旱、降解污染调节气候、补充地下水、控制土壤侵蚀等湿地方面均起到重要作用。湿地生态服务功能价值是指湿地生态系统通过直接或间接的方式为人类生存和社会发展提供的有形的或无形的资源的价值。20 世纪下半叶起,人们对湿地的认识日益深入,由于其对人类社会的重要性,学术界进行了大量的关于湿地的研究工作,积累了丰富的研究资料。Turner (1991)在对湿地的价值评价过程中,将其总价值分为使用价值和非使用价值两个大类,并对每一类价值的评估方法进行了论述。Constanza 等(1997)对全球生态系统功能的价值估算,这项研究为全球湿地生态评价提供了完整的可供参考的基础资料,研究表明湿地生态系统的全球总价值每年约为 48.8 亿美元,单位价值为 14 785 美元,对于不同的湿地类型其单位面积价值量也不尽相同,例如巴西的 Pantanalshi 热带季节性湿地面积为 13.8 万 km^2 ,经估算其年价值达 1 万美元/ km^2 。

荒漠生态系统是整个生物圈中分布较广的一个生态系统类型,是陆地生态系统中的一个重要的子系统。国外对荒漠生态系统服务功能及其价值评估研究相对

较少, Richardson (2005) 通过对加利福尼亚沙漠的研究显示, 自 1994~2004 年的沙漠保护以来, 其十年间的娱乐价值、外延价值、科研价值、教育价值、生态系统服务和潜在价值 6 个方面的总价值每年约 13.3 亿美元。Kroeger 和 Manalo (2007) 估算了美国莫哈韦沙漠的经济价值, 从直接价值、间接价值和潜在价值三个方面计算得出为每年 14.2 亿美元。Berik 等 (2007) 估算美国犹他州沙漠生态系统的灌木和草地的生态服务功能为 44 亿美元。

1.2.2 生态系统服务功能国内研究概况

20 世纪 90 年代以后, 我国才逐渐开始了有关生态系统服务功能的研究。这方面的研究虽然起步较晚, 但其发展速度很快, 尤其是近年来, 随着人们对生存环境变化关注度的不断提高, 生态系统服务功能及其价值的评估研究已引起了国内研究者的极大兴趣。李金昌和孔繁文 (1991) 对陆地生态系统特别是对森林生态系统的生态服务价值进行了开创性研究。欧阳志云等 (1999) 对中国陆地生态系统服务功能进行了评估和生态经济价值的分析。蒋延玲和周广胜 (1999) 估算了我国 38 种主要森林类型生态系统服务的总价值。陈仲新和张新时 (2000) 参照 Costanza 等对生态服务价值的研究方法, 对全国各类生态系统的功能与效益进行了价值评估, 估算出我国生态系统效益的价值为 7.8 万亿元/a, 这一价值与全球相比仅占全球的 2.71%。毕晓丽和葛剑平 (2004) 基于国际地圈-生物圈计划 (IGBP) 土地覆盖对中国陆地生态系统服务功能评价为 40 690 亿元。王兵等 (2011) 对 2009 年全国及各省级行政区森林生态系统服务功能进行价值评估, 结果表明: 2009 年我国森林生态系统服务功能总价值为 10.01 万亿元, 各项森林生态系统服务功能价值表现为涵养水源 > 生物多样性保护 > 固碳释氧 > 保育土壤 > 净化大气环境 > 积累营养物质。

也有学者对不同区域的生态系统生态服务功能进行研究, 薛达元等 (1999) 首次采用条件价值法对长白山地区生物多样性的存在价值进行了支付意愿调查。肖寒等 (2000) 探讨了海南岛尖峰岭热带森林生态系统服务功能的内涵, 并结合该区生态系统特征及其生态过程, 定量评价了尖峰岭地区热带森林生态系统服务功能价值, 包括林产品生产、水源涵养、水土保持、二氧化碳固定、营养物循环、空气净化、病虫害控制等服务的生态经济价值。关文彬等 (2002) 对贡嘎山地区森林生态系统服务功能进行了价值评估。石培礼等 (2002) 估算了川西天然林生态服务功能的经济价值等。彭建等 (2005) 以深圳市为例, 运用生态经济学原理与方法, 阐释了生态系统调节气候、固碳释氧、保持土壤、水源涵养、净化环境和减弱噪声等生态服务功能, 对其经济价值进行评估。孙龙等 (2006) 以崂山风景区为研究区域, 使用市场价值、影子工程、替代花费等方法评价了崂山风景区森林生态系统服务功能的生态经济价值。周志强等 (2011) 开展了新疆奇台县沙

漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异研究。喻露露等(2016)对海口市海岸生态系统服务及其时空变异特征进行了研究。

探讨不同类型生态系统服务功能及价值,对于深入理解不同类型生态系统服务功能特征及其差异具有重要意义。森林作为陆地生态系统的主体,在全球生态系统中发挥举足轻重的作用,其服务功能价值的评估是研究的一个热点。余新晓等(2005)根据全国第5次资源清查资料(1994~1998年)及Costanza等人的计算方法估算了我国森林生态系统八项服务功能的总价值为30 601.2亿元/a,其中间接价值是直接经济价值的14.94倍;在我国森林生态系统中,单位面积各种森林生态系统所提供的年平均价值为23 095.25元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。白杨等(2011)根据生态系统服务功能的内涵,建立了森林生态系统服务功能评价指标体系,利用市场价值法、影子工程法和生产成本法等,定量评价了海河流域森林生态系统服务功能的经济价值。Zhao et al.(2012)建立了生态系统服务功能评价指标体系,对东北长白山三岔子林区的生态系统服务功能进行模拟计算,结果表明,2010年研究区生态系统服务价值总量达到26.78亿美元,各项指标值依次为:涵养水源>固碳释氧>保育土壤>净化大气环境>营养物质积累。肖强等(2014)利用市场价值法和生产成本法等,定量评价重庆市森林生态系统服务功能的经济价值。

草地是我国陆地面积最大的生态系统类型,对维持我国自然生态系统格局、功能和过程具有特殊的生态意义,随着人类对草地生态系统服务功能不可替代性的深入认识,通过定量评估生态系统服务功能及其价值,对认识草地生态服务功能的重要性和生态资产增值具有重要的作用。赵同谦等(2004)选取侵蚀控制、截留降水、土壤碳累积、废弃物降解、营养物质循环和生境提供等6类功能对草地生态系统进行了评价,结果表明,草地生态系统除了为社会提供直接产品价值外,还具有巨大的间接使用价值,而且这种价值对人类的贡献与提供产品本身同样重要。龙瑞军(2007)对青藏高原草地生态系统服务功能进行了研究,认为该区域的生态系统服务功能体现在3个方面,即生态功能、生产功能和生活功能。赵萌莉等(2009)在研究了内蒙古草地生态系统的主要服务功能为草产品供应、水源涵养、气体调节、土壤保持、环境净化和生物多样性维持等的基础上,认为建立草地补偿机制,应考虑大气调节服务补偿、保护土壤服务补偿、净化环境服务补偿、水源涵养服务补偿、生物多样性维持服务补偿等,增强草原生态功能。李琳等(2016)以草地综合顺序分类法为理论基础,以能值分析法为主要计算方法,选择合适的6项评估指标,对2001~2010年三江源区草原生态系统生态服务价值进行逐项评估。

随着社会的发展,市场经济的步伐加快,粮食安全、环境问题与可持续发展成为当代中国必须面对和处理的问题。近年来,对于生态系统服务的研究为解决这些问题带来了新的机遇与挑战,有部分研究者认为,农田生态系统功能不仅仅单纯地为人类提供了粮食产品,更重要的是为该地区的环境创造了良好的生态服

务功能。国内很多学者也从多方面对农田生态系统服务价值进行了研究,孙新章等(2007)采用生态经济学的方法,对中国农田生态系统的服务功能进行了价值化评估,结果表明,2003年中国农田生态系统提供的总服务价值为19 121.8亿元(2003年现价),黄淮海和长江中下游地区农田的生态服务功能价值较大,华南和长江中下游地区单位面积农田提供的服务价值较大。王美等(2014)以2005年数据为基准,对辽宁省农田防护林生态系统服务价值进行核算,结果表明:辽宁省农田防护林生态服务功能的总价值为33.01亿元。朱玉伟等(2015)运用市场价值法、影子价格法等,对新疆2007年和2011年农田防护林防风固沙服务功能价值进行了核算,结果表明,2007年和2011年农田防护林防风固沙服务功能的总价值分别为73.50亿元和128.08亿元,防风固沙价值中起主要作用的是防护林的防护价值。

湿地退化已经成为全世界共同关注的问题,造成湿地退化的原因包括经济快速发展、全球气候变化、城市化进程加快等因素,其中人类扰动是造成湿地退化的主要因素之一。对湿地服务功能进行评价能够促进人们对湿地服务功能的正确认识,增强人们保护湿地的意识,同时为湿地的管理与利用服务。我国很多学者对湿地生态系统服务功能进行了研究,如陈仲新和张新时(2000)估算了中国湿地效益为26 763.9亿元/a。韩美等(2009)运用市场价值、费用支出、影子工程等方法分别估算各主导生态服务功能的价值,得到黄河三角洲湿地生态服务功能总价值176.08亿元,单位面积生态系统服务价值为52 809元/hm²。敖长林等(2010)使用CVM计算得到三江平原湿地的非使用价值为24.638亿元/a。江波等(2011)结合海河流域湿地生态系统的特征、结构及过程,将海河流域湿地生态系统服务功能划分为提供产品功能、调节功能、支持功能及文化服务功能4大类,评价了2005年海河流域湿地生态系统所提供的生态系统服务的总价值为4123.66亿元,其中间接使用价值是直接使用价值的15.02倍。

荒漠生态系统是整个生物圈中分布较广的一个系统,在我国广泛分布于西北干旱地区,其具有不同于其他生态系统的独特结构和功能。开展荒漠生态系统服务价值研究和评价,对荒漠生态系统重要性认识和管理具有重要的现实意义。肖生春等(2013)基于中国沙漠(地)生态系统的生态水文过程、水平衡机理和水文调控功能等,初步评估了中国荒漠生态系统在水文调控方面的服务价值为每年5510.05亿元。任鸿昌等(2007)利用已有数据和补充调查数据,对西部地区荒漠生态系统进行综合性价值评估,结果表明,生态系统服务功能价值的货币表示为537.24亿元/a,荒漠生态系统每年为人类提供的各种服务的总价值远远大于人们的想象,人们利用的物质产品仅仅是其生态系统服务功能中很小的一部分。刘博等(2015)基于能值理论对我国荒漠生态系统动物物种多样性保护价值进行核算,结果表明,我国荒漠生态系统具有巨大的动物物种多样性保护价值,总价值为35.1万亿元。综上研究结果表明:生态系统服务及自然资源对于人类生存的

价值是巨大的,是人类生存与现代文明的基础,因此,维持与保护生态系统服务功能是实现可持续发展的基础。

我国是受荒漠化影响最严重的国家之一(慈龙骏等,2005)。青海高原高寒区是亚洲气候变化敏感区和启动区,也是全国乃至东南亚生态安全屏障,受到地理背景和气候条件影响,成为我国荒漠化和沙化土地主要分布且受荒漠化危害较为严重的地区之一(国家林业局,2015),作为青藏高原土地沙化程度最严重的地区,共和盆地在开展高寒干旱、半干旱土地沙化防治研究中具有典型且至关重要的地位。通过人工措施实现退化生态系统的植被恢复与重建,是防治荒漠化蔓延有效且稳定的举措(蒋德明等,2008),自20世纪60年代起,在青海省治沙试验站开展了大量退化土地植被恢复与重建技术研究,先后营建了不同类型的防风固沙林体系,生态效益显著,通过系统研究不同防护林类型生态系统服务功能,综合评估防护林生态建设成效,为防护林经营管理以及生态工程建设提供重要理论依据和技术支撑。

主要参考文献

- 敖长林,李一军,冯磊,等.2010.基于CVM的三江平原湿地非使用价值评价.生态学报,30(23): 6470-6477.
- 白杨,欧阳志云,郑华,等.2011.海河流域森林生态系统服务功能评估.生态学报,31(7): 2029-2039.
- 毕晓丽,葛剑平.2004.基于IGBP土地覆盖类型的中国陆地生态系统服务功能价值评估.山地学报,22(1): 48-53.
- 陈仲新,张新时.2000.中国生态系统效益的价值.科学通报,45(1): 17-22.
- 慈龙骏等.2005.中国的荒漠化及其防治.北京:高等教育出版社.
- 董全.1999.生态功益:自然生态过程对人类的贡献.应用生态学报,10(2): 233-240.
- 关文彬,王自力,陈建成,等.2002.贡嘎山地区森林生态系统服务功能价值评估.北京林业大学学报,24(4): 80-84.
- 国家林业局.2015.中国荒漠化和沙化状况公报.
- 韩美,张晓慧.2009.黄河三角洲湿地主导生态服务功能价值估算.中国人口·资源与环境,19(6): 37-43.
- 江波,欧阳志云,苗鸿,等.2011.海河流域湿地生态系统服务功能价值评价.生态学报,31(8): 2236-2244.
- 蒋德明,曹成有,李雪华,等.2008.科尔沁沙地植被恢复及其对土壤的改良效应.生态环境,17(3): 1135-1139.
- 蒋延玲,周广胜.1999.中国主要森林生态系统公益的评估.植物生态学报,23(5): 426-432.
- 李金昌,孔繁文.1991.资源统计与可持续发展.北京:中国环境出版社.
- 李琳,林慧龙,高雅.2016.三江源草原生态系统生态服务价值的能值评价.草业学报,25(6): 34-41.
- 刘博,张宇清,吴斌,等.2015.我国荒漠生态系统动物物种多样性保护价值估算.中国水土保持