

STUDIES ON
VEGETATION RESTORATION
FOR DEGRADED LANDS IN A WATERSHED,
WULIN MOUNTAIN REGION



武陵山区小流域
退化土地植被恢复研究

◎ 漆良华 张旭东 著

中国林业出版社

武陵山区小流域退化土地 植被恢复研究

漆良华 张旭东 著



中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

武陵山区小流域退化土地植被恢复研究 / 漆良华, 张旭东著. —北京: 中国林业出版社, 2014. 10

ISBN 978 - 7 - 5038 - 7683 - 7

I. ①武… II. ①漆… ②张… III. ①山区 - 小流域 - 植被 - 生态恢复 - 研究 - 湖南省 IV. ①Q948. 15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 235314 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同7号)

网址 <http://lycb. forestry. gov. cn>

E-mail forestbook@163.com 电话: (010) 83228427

发行 中国林业出版社

印刷 北京中科印刷有限公司

版次 2014 年 10 月第 1 版

印次 2014 年 10 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 10.5

字数 270 千字

印数 1 ~ 1000 册

定价 60.00 元

前 言

20 世纪 80 年代以来, 由于土壤污染、大气沉降、不合理耕作、过度放牧、土地开垦、盐碱化、沙漠化、水土流失等原因, 地球 10% 以上有植被覆盖的土地生产力均发生严重的退化现象。从生态学的观点看, 土地退化就是植物生长条件的恶化, 土地生产力的下降; 从系统论的观点看, 土地退化是人为因素和自然因素共同作用、相互叠加的结果; 从实质上讲“土地退化”的基本内涵与变化过程是通过土壤退化反映的, 它包括土壤的物理退化、化学退化与生物退化。近年来国际上常用“土壤退化”一词来代替土地退化。土地退化是一个复杂的动态过程, 土地退化的防治也是一项艰巨的系统工程, 不仅涉及土壤学、农学、林业、生态学、环境科学, 而且也与社会科学及国家的经济政策密切相关。国内外对土地退化的预防与治理非常重视, 开展了大量的土地退化防治方面的研究与实践, 探讨并提出很多防治土地退化的对策和有效措施。其中, 对防治土地退化最重要的、最有效的措施是保护和恢复植被。植被不仅有多方面的生态功能, 而且能大范围、大面积地有效控制水土流失, 防治土地退化。因此, 快速而有效地恢复与保护植被, 改善土壤生态系统健康状况是退化土地防治的关键所在。

我国是世界上水土流失最严重的国家之一, 水土流失面积约为 180 万 km^2 , 占国土面积的 18.8%, 由于特殊的自然地理和社会经济条件, 水土流失的 90% 以上发生在山区、丘陵区 and 风沙区, 尤其集中分布在占国土总面积近 70% 的山丘区。长江中下游地区人口近 3 亿, 光、热、水、土等自然资源极为丰富, 是我国经济高速发展的核心地带, 在国民经济发展中占有重要地位。同时, 长江中下游也是我国低山丘陵的主要分布区, 是农林业的结合部, 为农林业的过渡地带, 坡度陡、土层薄。由于人口急剧增长, 对土地资源的掠夺式经营, 土地垦殖率的不断提高, 加之不合理的土地利用方式和自然灾害的叠加作用, 人类活动已接近甚至超过生态阈值, 导致长江中下游低山丘陵区水土流失十分严重, 土层日益贫瘠, 自然灾害频发, 生态环境恶化加剧, 对区域经济发展和生态安全构成严重威胁。

自 20 世纪 90 年代我国在长江中下游低山丘陵土地生态退化区相继启动实施了长江防护林体系建设工程和退耕还林工程, 对治理坡耕地、防止水土流失、促进植被恢复、提高土地承载力和改善生态环境发挥了重要作用。通过植被恢复控制水土流失的关键是构建、筛选适宜的植被恢复模式, 在控制水土流失的同时, 做到开发利用的统一, 注重生态、经济、社会及景观效益的有机结合。当前, 国内外对退化土地植被恢复的研究与实践逐渐深入, 但有关山丘水土流失退化区植被恢复的系统性和深入性的研究工作则非常缺乏。为此, 在国家“十一五”科技支撑项目“长江中下游低山丘陵生态退化区植被恢复技术试验示范”(2006BAD03A16) 和国家“十二五”科技支撑项目“长江流域防护林体系整体优化及调控技术研究”(2011BAD38B0405) 等项目资助下, 我们以国家重点林业生态工程为背景, 以

长江中下游低山丘陵区为研究对象，以武陵山区女儿寨小流域为研究单元，从土壤—植被系统（Soil and Vegetation System, SVS）的研究尺度研究、探讨和评估了马尾松天然林（Ⅰ）、杉木人工林（Ⅱ）、杜仲人工林（Ⅲ）、油桐人工林（Ⅳ）、润楠次生林（Ⅴ）、毛竹杉木混交林（Ⅵ）及荒草灌丛（Ⅶ）7种典型退化土地植被恢复模式的生态学效应，以期为林业重点生态工程的实施及功效提供基础数据，为长江中下游广大低山丘陵区的综合治理与开发探索出最优的恢复模式与途径，为我国类似脆弱生态区的植被恢复与重建、土壤健康管理及评价、流域景观优化利用提供借鉴与参考。

全书共分14章。第1章绪论阐述了退化土地、退化土壤与土壤健康的相关定义和退化土地植被恢复动态及其生态学效应研究进展。第2章介绍了研究区概况与研究方法。第3章、第4章研究了武陵山区小流域植物区系、群落结构、物种多样性和生物量分配格局。第5章至第10章系统研究了不同植被恢复模式对土壤物理特性、养分状况、微生物数量与生物量、土壤酶活性变化及其相互关系。第11章和第12章从土壤贮水量及入渗特性、产流产沙的角度研究了不同植被恢复模式的水源涵养和水土保持功能。第13章运用灰色关联分析法从土壤—植被系统尺度评价了退化土地植被恢复综合效应。第14章研究了小流域生态恢复适宜度与景观格局，并针对性地提出了退化土地适宜的植被恢复对策。

本书在撰写过程中得到了国际竹藤中心费本华研究员、范少辉研究员的悉心指导，中南林业科技大学李志辉教授，湖南省林业科学院周小玲副院长、许忠坤研究员、张灿明研究员、李锡泉研究员、田育新研究员和慈利县林业局对本书的出版也藉予了鼎力支持和大力帮助，在此一并致谢！

退化土地植被恢复研究是一个长期的研究课题，许多问题尚需讨论和进一步研究，限于作者研究水平，书中难免出现一些不适当的意见和结论，恳请指正。

著者

2014.06

Rreface

Land productivity with vegetation coverage on earth occupied by 10% have serious degeneracy phenomenon because of soil pollution, atmospheric deposition, unreasonable cultivation, overgrazing, land reclamation, salinization, desertification, soil erosion and so on since 1980s. Land degradation is the deterioration of vegetation growth condition and the decline of land productivity on ecological view; it is the result of the interaction and overlap between human factors and natural factors on system theory view; it includes soil physical degradation, chemical degradation and biological degradation whose basic connotation and changing process can be reflected by soil degradation virtually. In recent years, land degradation could be replaced by soil degradation internationally. Land degradation is a complicated dynamic process and its controlling is also an onerous systems engineering which involves soil science, agronomy, forestry, ecology and environmental science and is closely related to social science and national economic policy. Emphasis has been placed on the prevention and treatment of land degradation and lots of related research and practice has been carried on to explore and propose many strategies and effective measures and the most important and effective measure is vegetation protection and recovery. Vegetation not only has many-sided ecological functions, but also control soil erosion in large area efficiently and prevent land degradation. Therefore, restoring and protecting vegetation quickly and efficiently and improving soil ecosystem health state are the key to control land degradation.

China is one of the countries which have the most serious soil erosion and it covers an area of 18 million km², accounting for 18.8% of total land area of China. Over 90% of soil erosion outbreak in mountain area, hilly area and windy desert area, especially in mountain area which accounts for 70% of total land area due to particular physical geographical and social economic condition. Middle-lower yangtze area is the core with rapid economy development and play an important role in national economic development, having nearly 3000 million population and rich natural resources such as light, heat, water and soil. It is also the main distribution area of hilly area, the joint and transition zone of agriculture and forestry with steeper slope and thick soil layer. Because of the sharp population increase, unreasonable management on soil resources, constant improvement of soil cultivation frequency and additive effect between reasonable land use and natural disaster, Middle-lower yangtze area is faced with severe soil erosion, increasing soil impoverishment, frequent natural disaster and intensified eco-environment degeneration and all of these throw severe threat on regional economic development and ecological security.

The Yangzi River Protection Forest System Establishment Project and the Conversion of Corp-land to Forest Project have been started since 1990s and have played an important role in slope farm-

land treatment, soil erosion control, vegetation restoration promotion, land carrying capacity improvement and eco-environment improvement. The key to control soil erosion by vegetation restoration is establishing and selecting suitable vegetation restoration mode and paying attention to the combination of ecological, economic, social and landscape benefit while controlling soil erosion. Nowadays, the research and practice on vegetation restoration of degraded land deepen gradually at home and abroad, but systemic and deep research is still wanting in hilly area. Therefore, financial aided by national technology support projects- “the demonstration of vegetation restoration technology on hilly degraded area of Middle and Lower Yangtze River ” and “the research on technology of global optimization and regulation of Yangtze River shelter forest”, we selected hilly area of Middle and Lower Yangtze River as research object and small watershed in Wuling mountain area as research unit to study, discuss and evaluate the ecological benefits of vegetation restoration mode of 7 typical degraded lands, which included *P. massoniana* natural forest (I), *C. lanceolata* plantation (II), *E. ulmoides* plantation (III), *V. fordii* plantation (IV), *M. pingii* secondary forest (V), *P. edulis-C. lanceolata* mixed forest (VI), wasteland-shrub community (VII). The goal was to provide basic data for the implementation and efficacy of key forestry programs, explore optimal restoration modes and ways for the comprehensive treatment and development of hilly area in Middle and Lower Yangtze River and provide reference for vegetation restoration and rehabilitation, soil health management and evaluation and watershed landscape optimization of similar ecological region.

This book has 14 chapters, and the first chapter elaborates the definition of degraded lands, degraded soil and soil health, the research process of vegetation restoration dynamic and its ecological effect of degraded lands. The second chapter introduces the survey of research area and research method. The third and fourth chapter study plant flora, community structure, species diversity and biomass distribution pattern. The fifth chapter to tenth chapter study the soil physical characteristics, nutrient status, microbial population and biomass and soil enzyme activity dynamic under different vegetation restoration modes and their relationship. The eleventh and twelfth chapter study the function of soil and water conservation from soil water storage, soil infiltration characteristic and runoff and sediment yield angle. The thirteenth chapter evaluates the comprehensive effect of vegetation restoration of degraded lands from soil-vegetation system scale by grey relational analysis. The last chapter studies ecological suitability and landscape pattern of small watershed and proposes suitable vegetation restoration countermeasures.

This book obtained careful support and help from professor Fei Benhua, Fan Shaohui, Li Zhihui and so on in publishing process. It's my pleasure to express my appreciation here!

Vegetation restoration on the degraded land is still a long topic that needs more discussions and further studies. It is unavoidable that some opinions and conclusions presented in this book may not be appropriate. Your comments for improvement are very much appreciated.

Authors

2014. 06

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 退化土地、退化土壤与土壤健康的定义	(1)
第二节 国内外退化土地植被恢复研究概况	(3)
第三节 退化土地植被恢复效应研究进展	(4)
第四节 土壤健康评价研究进展	(10)
第二章 试验区概况与研究方法	(16)
第一节 试验区概况	(16)
第二节 技术路线	(17)
第三节 研究方法	(19)
第三章 植物区系与群落结构特征	(21)
第一节 植物区系	(21)
第二节 垂直层次结构	(27)
第三节 主要种群水平分布格局	(46)
第四节 乔木层直径与树高分布结构	(50)
第五节 小 结	(55)
第四章 植物物种多样性与生物量分配格局	(57)
第一节 物种多样性变化特征	(58)
第二节 群落生物量空间分配格局	(60)
第三节 群落物种多样性与生物量的关系	(61)
第四节 小 结	(62)
第五章 土壤物理特性	(63)
第一节 土壤密度	(63)
第二节 土壤孔隙状况	(64)
第三节 土壤团聚体	(65)
第四节 土壤物理结构健康评价	(66)
第五节 小 结	(68)
第六章 土壤养分库特征	(69)
第一节 土壤养分库含量变化	(69)
第二节 土壤养分库有效性评价	(72)
第三节 土壤团聚体对土壤养分库有效性的影响	(72)

第四节 小 结	(74)
第七章 土壤微量元素	(76)
第一节 土壤微量元素有效态含量	(76)
第二节 土壤微量元素有效性评价	(77)
第三节 有机质对土壤微量元素有效性的影响	(78)
第四节 pH 值对土壤微量元素有效性的影响	(79)
第五节 小 结	(80)
第八章 土壤微生物数量、生物量碳氮及分形特征	(82)
第一节 土壤微生物数量	(82)
第二节 土壤微生物量碳氮	(84)
第三节 微生物量碳氮与微生物数量的分形特征	(85)
第四节 小 结	(86)
第九章 土壤酶活性及养分通径相关性	(88)
第一节 土壤酶活性数量特征	(88)
第二节 土壤酶活性综合指数	(90)
第三节 土壤酶活性与土壤养分通径分析	(91)
第四节 小 结	(96)
第十章 土壤养分、微生物与酶活性的典范相关分析	(97)
第一节 土壤养分与微生物的典范相关分析	(97)
第二节 土壤养分与酶活性的典范相关分析	(100)
第三节 土壤微生物与酶活性的典范相关分析	(102)
第四节 小 结	(103)
第十一章 土壤贮水量及入渗特性	(104)
第一节 土壤贮水量	(104)
第二节 土壤入渗过程模拟	(105)
第三节 土壤入渗率变化规律	(106)
第四节 土壤入渗影响因子主成分分析	(109)
第五节 土壤水分入渗率主导因子方程	(111)
第六节 小 结	(111)
第十二章 产流量与产沙量	(113)
第一节 坡面径流小区布设与观测	(113)
第二节 产流产沙量	(115)
第三节 产流量与产沙量的关系	(117)
第四节 降雨量与产流产沙的关系	(117)
第五节 下垫面条件对产流产沙的影响	(118)
第六节 小 结	(119)
第十三章 退化土地植被恢复效应综合评价	(120)
第一节 评价指标体系与评价方法	(120)
第二节 植被恢复效应关联排序	(128)

第三节	评价指标关联排序	(130)
第四节	小 结	(133)
第十四章	小流域生态恢复适宜度与景观格局	(134)
第一节	生态恢复适宜度	(134)
第二节	景观格局特征	(141)
第三节	生态恢复对策	(145)
第四节	小 结	(145)
参考文献	(147)

Contents

Preface	1
Chapter 1 Exordium	1
Section 1 The definition of degraded land, degraded soil and soil health	1
Section 2 Research situations of vegetation restoration on degraded land at home and abroad	3
Section 3 Research progresses of vegetation restoration on degraded land	5
Section 4 Research progresses of soil health evaluations	12
Chapter 2 Experiment site conditons and methods	20
Section 1 Experiment site conditions	20
Section 2 Approaches	21
Section 3 Methods	22
Chapter 3 Plant flora and community structure	25
Section 1 Plant flora	25
Section 2 Vertical community structure	31
Section 3 Distribution patterns of dominant populations	49
Section 4 Diameter and height distribution structure of arbor layers	53
Section 5 Conclusions	59
Chapter 4 Species diversity and biomass allocation pattern	61
Section 1 Changing characteristics of species diversity	62
Section 2 Biomass allocation pattern	65
Section 3 Relationship between of species diversity and biomass allocation pattern	66
Section 4 Conclusions	67
Chapter 5 Soil physical properties	69
Section 1 Soil bulk density	69
Section 2 Soil porosity	70
Section 3 Soil aggregates	71
Section 4 Health evaluation of soil physical structures	73
Section 5 Conclusions	75
Chapter 6 Soil nutrient pool characteristics	77
Section 1 Content changes of soil nutrient pools	77
Section 2 Availablity evaluation of soil nutrient pools	80

Section 3	Effects of soil aggregates on soil nutrient pool availabilities	81
Section 4	Conclusions	83
Chapter 7	Soil microelement	85
Section 1	Available contents of soil microelements	85
Section 2	Availablity evaluation of soil microelements	86
Section 3	Effects of soil organic matters on soil microelement availabilities	88
Section 4	Effects of pH values on soil microelement availabilities	89
Section 5	Conclusions	90
Chapter 8	Soil microbe quantities, microbial carbon and nitrogen and fractal characteristics	92
Section 1	Soil microbe quantities	92
Section 2	Soil microbial carbon and nitrogen	94
Section 3	Fractal characteristics of soil microbe quantities and microbial carbon, nitrogen	96
Section 4	Conclusions	97
Chapter 9	Soil enzyme activities and their path analysis with soil nutrient properties	100
Section 1	Soil enzyme activity quantity characteristics	100
Section 2	Soil enzyme activity synthetical index	103
Section 3	Path analysis of soil enzyme activities and nutrient properties	104
Section 4	Conclusions	109
Chapter 10	Canonical correlation analysis on soil nutrients, microorganisms and enzyme activities	111
Section 1	Canonical correlation analysis on soil nutrients and microorganisms	112
Section 2	Canonical correlation analysis on soil nutrients and enzyme activities	113
Section 3	Canonical correlation analysis on soil microorganisms and enzyme activities	117
Section 4	Conclusions	118
Chapter 11	Soil water holding capacities and infiltration characteristics	120
Section 1	Soil water holding capacity	120
Section 2	Simulation of infiltrating processes	122
Section 3	Changing regularities of soil infiltration rates	123
Section 4	Principal component analysis of influencing factors on soil infiltration rates	127
Section 5	Driven factor equations of soil infiltration rate	128
Section 6	Conclusions	129
Chapter 12	Runoff and sediment	131
Section 1	Arrangement and observation of slope runoff plots	131

Section 2	Runoff and sediment production	132
Section 3	Relationship between runoff and sediment	135
Section 4	Influences of rainoffs on runoff and sediment production	135
Section 5	Influences of underlying surfaces on runoff and sediment production	136
Section 6	Conclusions	137
Chapter 13	Integrative effect evaluations of vegetation restoration patterns on degraded land	139
Section 1	Evaluation system and method	139
Section 2	Incidence ordinations of vegetation restoration effects	148
Section 3	Incidence ordinations of evaluation indexes	150
Section 4	Conclusions	152
Chapter 14	Ecological restoration suitability and landscape pattern characteristics in a watershed	153
Section 1	Ecological restoration suitability	153
Section 2	Landscape pattern	159
Section 3	Ecological restoration countermeasures	163
Section 4	Conclusions	164
References	166

第一节 退化土地、退化土壤与土壤健康的定义

一、退化土地(degraded land)

土地是人类社会赖以生存和发展的最基本的物质资源。但是近几十年来,由于人口急剧增长、土地不合理的开发利用,导致全球范围土地资源退化现象日趋普遍和严重。土地退化已经成为人类面临的最严重的资源与环境问题之一,尤其在发展中国家、经济不发达地区、生态环境脆弱地带,表现更加明显。

土地退化,是指在人类活动或某些不利自然因素的长期作用和影响下,土地质量和生产力下降的过程,其含有两个关键的方面:一是土地系统的生产力必须有显著下降,二是这种下降是人类活动或不利的自然事件引起的结果。土地退化过程包括人类活动和居住方式所引起的风蚀和水蚀作用,土壤物理、化学、生物和经济特性的恶化,自然植被的长期丧失等。它主要表现为土地生产系统生物生产量的下降、土地生产潜力的衰退、土地资源的丧失和土地地表出现不利于生产活动的状况。从生态学的观点看,土地退化就是植物生长条件的恶化,土地生产力的下降。从系统论的观点来看,土地退化是人为因素和自然因素共同作用,相互叠加的结果。自然因素是土地退化的基础潜在因子,而人类活动则是土地退化的诱发因子。

土地退化不仅威胁着粮食安全,影响社会经济系统持续发展,而且导致诸如水体淤积、地球碳储量变化、小流域功能减弱、特殊生境的消失带来生物多样性的降低以及整个陆地生态系统的结构与功能紊乱等,甚至威胁到人类的生存。国内外对土地退化的防治非常重视,开展了大量的研究与实践,总结出对防治土地退化最重要的、最有效的措施是保护和恢复植被。

二、退化土壤(degraded soil)

土壤是地球表面上由成土母质、气候、生物和地形等成土要素与环境要素综合作用而形成的一个动态的、有生命的自然历史体,是生物圈的重要组成部分,一定的土壤类型反映了它所占的空间位置内自然环境的综合特征。土壤具有肥力、过滤和积累、物质转化、净化、缓冲、生物栖息和基因库等多种功能,对可持续发展至关重要。

实质上,土地退化的基本内涵与变化过程是通过土壤退化反映的,土壤退化是导致土地价值与功能下降的一个最直接、最主要的途径。土壤退化的含义有以下几点:

(1) 由于生态环境的破坏与不合理的利用方式, 使土壤发生物理、化学、生物特性的退化, 从而导致土壤肥力退化与生产力减退。因此, 人类活动是影响土壤退化的基本动力之一。

(2) 土壤退化过程实质上是一个动态平衡过程, 其变化是通过时间与空间、数量与质量具体表现的。在一定的时间与空间条件下, 土壤退化与恢复、重建过程是对立统一的。因此, 土壤退化的涵义具有相对性, 受一定时间与空间的限制, 并且处于一种动态平衡过程之中。

(3) 土壤肥力(土壤养分)退化与土壤养分恢复重建过程是土壤退化与土壤恢复重建过程的核心。因此, 土壤退化过程的研究必须以土壤养分的退化与恢复重建为重点。

(4) 土壤退化(包括土壤养分退化)与土壤恢复重建过程是普遍存在的。只是这种过程在一定时间与一定的土壤类型其表现程度不同而已。因此, 退化土壤恢复与重建的关键在于调节这两个相反过程的强度, 使其向有利于防治土壤退化和有利于土壤肥力提高的方向发展。

土壤退化的形式多种多样, 但主要的形式为: 风蚀和水蚀、有机质含量和质量下降、土壤结构破坏、盐渍化和化学污染、土壤生物多样性衰减及生物活性下降等等。这些物理的、化学的和生物学的土壤退化过程会减少土壤现有的和潜在的生产物质的能力, 导致或加剧土壤健康的恶化。土壤退化的影响因素包括生物物理的、社会经济的、技术的和文化的因素。

三、土壤健康(soil health)

土壤健康的概念是随着人口对土地压力的增大, 人类对土地资源的过度开发利用导致土壤资源退化, 可持续发展造成严重威胁, 尤其是近年来人们就现有土地管理实践对土壤物理、化学和生物学性质产生影响认识不断提高的背景下而形成与发展。多数研究者认为土壤质量与土壤健康这两个概念可以通用, 强调土壤健康是因为他们将土壤看成是行使整体功能的活跃和动态的有机体, 强调土壤质量是主要便于描述其内在可计量的物理、化学和生物学特征。

国外从 20 世纪 90 年代初明确提出了土壤质量的概念, 此后, 关于土壤质量或土壤健康出现了各种不同的看法(表 1-1)。

表 1-1 土壤健康概念的形成与发展

Table 1-1 The forming and developing of soil health's conception

年份	提出者	定义
1987	美国土壤学会	由土壤特点或间接观测(如紧实性、侵蚀性和肥力)推论的土壤的内在特性
1989	Power 和 Myers	土壤供养维持作物生长的能力, 包括耕性、团聚作用、有机质含量、土壤深度、持水能力、渗透速率、pH 变化、养分能力等
1991	Larson 和 Pierce	土壤在以下方面的物理、化学和生物特征: ①为植物生长提供基质; ②调节和分配环境中水的运动; ③作为环境中有害化合物形成、减少和退化的缓冲剂
1992	White	①反映出土壤作为一个生物系统; ②说明土壤在景观中的基本功能; ③比较特定土壤对其在气候、景观和植被格局中独特潜能的条件; ④设法能够提出有意义的趋势评价

(续)

年份	提出者	定义
1992	Parr 等	土壤长期持续生产安全营养的作物, 提高人类和动物健康, 并不破坏自然资源或环境的能力
1994	Doran 和 Parkin	土壤在生态系统边界内行使维持生物生产力、改善环境质量和促进植物和动物健康机能的能力
1995	Pankhurst 等	采纳 Doran 和 Parkin 的定义, 并指出土壤健康的定义应包括持续的生物生产力、植物和动物健康水平的提高、环境质量的维持 3 个部分
2001	曹志洪等	土壤提供植物养分和生产生物物质的土壤肥力质量, 容纳、吸收、净化污染物的土壤环境质量, 以及维护保障人类和动植物健康的土壤健康质量的综合量度

各种定义的共同之处在于均包含了土壤在目前和未来其功能正常运行的能力, 混淆之处在于无法确认土壤功能的主要内容(表 1-1)。这一问题于 1992 年在美国召开的土壤质量会议上得到澄清。目前, 国际上比较通用的土壤健康概念为: 土壤生态系统维持生物生产力、改善环境质量和促进动植物健康的能力, 它包括三个方面的内容: 一是生产力, 即土壤提高植物和生物生产力的能力; 二是环境质量, 即土壤降低环境污染物和病菌损害的能力; 三是动物健康, 即土壤质量影响动植物和人类健康的能力。

土壤的内在质量是天然的和相对稳定的, 它是成土母质、气候(水和温度)、生物(动植物和微生物)、地形、时间五大自然成土因素长期相互作用的产物, 带有明显的响应主导成土因素的物理、化学和生物学特性。人类活动则是影响土壤健康状况的第六个因素。因此, 土壤健康一方面会因一些自然过程, 如风化淋溶作用的进行而缓慢改变; 另一方面更会因人类活动, 如土地利用和农作实践活动而加速变好或变坏。

第二节 国内外退化土地植被恢复研究概况

一、国外退化土地植被恢复研究概况

美国是世界上最早开展退化土地生态恢复研究与实践的国家之一, 早在 20 世纪 30 年代就成功恢复了温带退化蒿草(*Kobresia* spp.) 草原, 至 20 世纪 60~70 年代进行了北方阔叶林、混交林等生态系统的恢复试验和采伐干扰后生态学过程的动态变化及其机制研究。德国从森林营养健康和物质循环角度已开展了大气污染(酸雨等)胁迫下生态系统退化研究。英国对工业革命以来留下的大面积采矿地以及欧石楠(*Erica carnea*) 灌丛地的生态恢复研究也十分成功。北欧国家对寒温带针叶林采伐迹地的植被恢复、澳大利亚、非洲大陆和地中海沿岸的欧洲各国开展了干旱土地退化及其人工重建的系统研究。此外, 美国、德国等国学者对南美洲热带雨林、英国和日本学者对东南亚的热带雨林采伐后的退化土地生态恢复也有较好的研究。近 10 多年来, 退化土地生态环境的恢复与重建已成为世界范围生态研究的热点之一, 退化生态系统植被的恢复已成为恢复生态学学科的热点问题, 尤其是对森林、草地和灌木、湿地、河流和冲积地、湖和沼泽地、海岸、暗礁地区、沙地等生态系统的恢复成为研究焦点。

二、国内退化土地植被恢复研究概况

我国是世界上生态系统退化类型最多、山地生态系统退化最严重的国家之一,从20世纪50年代就开始了退化土地生态系统的长期定位观测试验和综合整治工作。20世纪70年代开始了“三北”地区的防护林工程建设,20世纪80年代又开展长江中上游地区(包括岷江上游)的防护林工程建设、水土流失治理等一系列的生态恢复工程,包括农牧交错区、风蚀水蚀交错带、干旱荒漠地区、干热河谷、湿地、城市等退化或脆弱生态环境及其恢复重建方面研究全面展开。20世纪90年代开始的沿海防护林建设研究,提出了许多切实可行的生态恢复与重建技术和模式,先后发表了大量的有关生态系统退化和人工恢复重建的论文、报告和论著,如《中国退化生态系统研究》《生态环境综合治理和恢复技术研究》和《热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究》等。

在植被恢复重建的理论研究方面,以生态演替理论和生物多样性恢复为核心,注重研究自然植被演替和生产力,如对东北的红松(*Pinus koraiensis*)林、亚热带的杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林地力衰退的研究;东北地区对自然植被(红松林)演替和生产力的研究,华北及北方地区对落叶阔叶林、内蒙古草原、毛乌素沙地生态生物多样性和草地生产力恢复过程的研究,华南地区对土壤严重侵蚀区的治理和以水土流失控制为特色的南亚热带退化土地森林植被恢复和重建的研究,西北地区以草地改良和鼠害防治为特色的退化高寒草地的恢复重建研究等,都取得了阶段性的成果,为保障当地经济发展和环境安全做出了突出贡献。

三、长江中下游低山丘陵区退化土地植被恢复研究概况

尽管国内外对退化土地植被恢复的研究与实践逐渐深入,但有关低山丘陵退化土地生态系统植被恢复的系统性和深入性的研究工作则非常缺乏。中国林业科学研究院彭镇华教授等人自20世纪90年代率先开展了长江流域低山丘陵区退化土地的植被恢复、综合治理与资源开发工作,先后承担了“长江中下游滩地和低丘综合治理与开发研究”“长江流域低山丘陵综合治理”和“中国森林生态网络体系建设研究”等项目,深入研究了低山丘陵区土地利用动态变化的驱动机制和植被退化的影响因素。从植物生理学的角度研究经济植物生态位、林下生态梯度与该生态位的重叠性,提出了退化土地森林立体经营的配套技术和优化林地空间结构的低效林改造技术;以改善水循环,增加生物量为切入点,解决了不同林地植被恢复、优良树种(品种)物种筛选与高效培育和利用等关键技术;筛选出增加生物量 and 提高生物多样性的多种治理模式,筛选出一批优化模式和优良树种及综合配套技术体系,提出了退化土地植物群落结构调控技术和水土保持技术;建立了以植被恢复为核心的生态因子综合评价体系。这些研究成果与技术为深入研究长江中下游山丘土地退化区的植被恢复机理与途径提供了科学依据和理论基础。

第三节 退化土地植被恢复效应研究进展

植物和土壤互为环境因子。土壤的理化性质、土壤种子库的特性等影响着植被发生、发育和演替的速度,同时也因植被的演变而发生改变,土壤的性质与植物群落组成结构和植物多样性有着密切的关系,且多年来一直是生态学家研究的热点。恢复植被,提高植物群落结