

黄土高原退耕还林(草)环境效应分析

焦 峰<sup>1,2</sup>, 温仲明<sup>1,2</sup>, 李 锐<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 退耕还林(草)是黄土高原恢复植被、改善生态的重要措施之一。随着退耕还林(草)工程的深入,其产生的经济、社会和生态效应也越来越广泛地受到人们的关注。对黄土高原退耕还林(草)影响下的土地利用格局演变、生态和社会效应进行了分析,提出了黄土高原尚待或进一步深化研究的几个问题。  
关键词: 黄土高原; 退耕还林(草); 土地利用格局; 生态效应; 社会效应  
中图分类号: X 171. 1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)01-0026-04

Analysis on Environment Effect of the Returning Farmland into Forest and Grassland on the Loess Plateau

JIA O Feng<sup>1,2</sup>, WEN Zhong-ming<sup>1,2</sup>, LI Rui<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources;  
2. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The returning farmland into forest and grassland is one of the important measures of resuming vegetation, improving ecology on the Loess Plateau. On its going on, its economy, society and ecology effect is gotten more and more attention. The authors analyze evolvement on land use pattern, ecology effect and society effect affected by the returning farmland into forest and grassland, and put forward several questions of stand-to or deepening study in the returning farmland into forest and grassland on the Loess Plateau.  
**Key words:** the Loess Plateau; the returning farmland into forest and grassland; land use pattern; ecology effect; social effect

在水土流失严重的黄土高原地区,退耕还林(草)成为恢复植被、改善生态的重要措施之一,并在大规模退耕还林(草)工程开始的 5 年时间里,取得了一定的成效,如植被覆盖度增加、局部地区的水土流失得到一定程度的控制,特别是在许多国家投资的重点治理区,生态环境建设与农业生产结构都发生了显著变化,取得了比较明显的水土保持、生态和经济效益,昔日的荒山荒坡呈现一派绿色景象。据水利部黄委会遥感监测中心对陕西延安、榆林地区的监测结果表明,从 1997 年 7 月到 2002 年 7 月的 5 年间,该地区植被覆盖度提高了 8.45%;据宁夏隆德县水利局水保站的观测结果,坡耕地退耕还林(草)后,土壤侵蚀模数比退耕前降低了 1 400 t/(km<sup>2</sup>·a)(中国国际工程咨询公司,2003)。从整体上看,退耕还林(草)计划的实施,对区域土地利用格局、生态系统和农村产业结构产生了巨大影响。随着退耕还林(草)工程的深入,其将产生的生态、社会和经济效应也越来越广泛地受到人们的关注。但由于黄土高原环境条件的空间异质性,

给退耕还林(草)工程的实行造成一定困难。对于黄土高原来说,退耕还林(草)是一项新兴事业,以生态效益为主,兼顾经济效益和社会效益的创新工作,退耕还林(草)必须在实践中不断发现新问题、新情况,及时总结经验,才能不断推进退耕还林(草)工作的顺利开展,实现退耕还林(草)的可持续发展<sup>[1]</sup>。

1 退耕还林(草)的生态效应

人类不合理的土地利用方式是黄土高原土壤侵蚀加剧、生态环境恶性循环的主要原因,陡坡开荒正是土地利用不合理的具体表现<sup>[2]</sup>。据研究,18°可以作为坡面侵蚀增强的临界坡度<sup>[3]</sup>,退耕大于 25°的陡坡耕地可明显降低土壤侵蚀量和入河泥沙量<sup>[4]</sup>。退耕还林(草),针对的是> 25°的陡坡耕地,而黄土高原 15~25°的斜坡耕地和> 25°的陡坡耕地占到全区总耕地面积的 27.82%,其中> 25°的陡坡耕地占全区总耕地面积的 7.76%<sup>[5]</sup>。退耕还林(草)是土地利用结构调整的

① 收稿日期: 2004-10-08  
基金项目: 中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX3-SW-421); 国家自然科学基金项目(40301029); 中科院“西部之光”人才培养计划项目—陕北黄土高原退化生态系统自我修复能力评价研究  
作者简介: 焦峰(1967-),男,在职博士,副研究员,主要从事 GIS 应用、土壤侵蚀与环境效应评价研究。

具体措施<sup>[6,7]</sup>,自 1999 年开始,到 2003 年末,黄土高原退耕还林(草)面积达到 173.8 万  $\text{hm}^2$ ,加上宜林荒山荒坡造林(草)面积 229.1 万  $\text{hm}^2$ ,黄土高原还林(草)面积已达 402.9 万  $\text{hm}^2$ <sup>[8]</sup>。如此大规模退耕还林(草)必将对黄土高原土地利用格局及生态环境产生强烈影响。

退耕还林(草)的生态效应包括植被效应、水文效应、土壤效应和与之相关的小气候效应等,主要表现在对其生物多样性、土壤性状和水土流失的影响<sup>[9]</sup>。

### 1.1 植被效应

退耕还林(草)对植被恢复具有重要作用,尤其在植被恢复的早期阶段,退耕还林(草)对植被恢复具有制约作用,它不仅影响着植被群落的发生、发育和演替的速度,而且决定着植物群落演替的方向<sup>[10]</sup>,因为环境条件是植被演替基本的初始条件,而植被恢复方式(自然、人工)往往是植被恢复的制约因子<sup>[11]</sup>,因此,在不同退耕还林(草)条件下,植被具有不同的空间分异规律和生态适应性,决定了植物群落的演替方向与速率的显著差异<sup>[12]</sup>。现阶段,退耕还林(草)对生物多样性的影响超过了其它任何因子成分,并且这种影响随着退耕还林(草)工程的深入开展仍会保持强势。退耕还林(草)对生物多样性的影响与  $\text{CO}_2$  增加对气候变化的影响具有同等重要的地位。当然,退耕还林(草)不是生物多样性变化的惟一驱动力,但却是最重要的一个,它与其它因子相互作用,共同影响着生物多样性<sup>[13]</sup>。退耕还林(草)促进了黄土高原自然植被由低级向高级的演化。中国科学院水土保持研究所对宁夏固原退耕还林地块的调查表明,退耕地前 2 年自然恢复起来的大多为白羊草、长茅草和大针茅等禾本科植物;第三年逐渐增加了黄蒿、铁杆蒿、冷蒿、阿尔泰狗娃花、菊科等;第 5 年增加了百脉根、胡枝子等草本小灌木植被<sup>[14]</sup>。刘建军对延安张梁当年退耕地含 16 种植物,植被盖度约 50% 左右;退耕 1 年后,植物种类增加到 22 种,植被盖度达到 95% 以上;退耕 5 年后包含 29 种植物,而优势种也在发生明显变化,有刺儿菜、打碗花 茵陈蒿、猪毛菜 茵陈蒿、长芒草,而且退耕 5 年后,有达乌里胡枝子、杠柳、华北覆盆子等半灌木或灌木植物出现。此外,刘建军还通过对不同年限退耕地组成植物优势度指数、信息统计指数和均匀度指数比较分析得出,随着退耕时间增长,植物多样性指数不断增加,信息统计指数和均匀度指数也表现出相同的趋势<sup>[15]</sup>。

### 1.2 水文效应

退耕还林(草)对水文的影响包括径流和土壤水分的变化。退耕还林(草)通过植被盖度的增加,减少了洪水泛滥的频度和强度<sup>[16]</sup>,一般会增加每年的流量,并使降雨的再分配均匀<sup>[17]</sup>。中国科学院安塞站径流观测表明,裸露地的年径流量平均为 25 590  $\text{m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,而有草本植物覆盖的地块年平均径流量约 10 000 ~ 13 000  $\text{m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,灌木覆盖地块年平均径流量为 11 434  $\text{m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。这些试验结果表明,黄土高原退耕还林还草恢复了植被,可使径流量减少 1/2 ~ 2/3。

退耕还林(草),在增加地表植被,提高覆盖率的基础上,涵养水源,将天然降雨较多的保留在土壤中,减少了蒸发,使

土壤保持长期湿润,增加了土壤含水量<sup>[18]</sup>。据研究,坡耕地的土壤侵蚀量大于茂密林地的 5 ~ 10 倍,退耕还林(草)还能明显地减少流域内的水土流失。据在安塞县南沟的研究表明,退耕还林(草)可使流域内洪峰流量、洪水流量和水土流失总量分别减少 64%、65% 和 72%<sup>[19]</sup>。

### 1.3 土壤效应

退耕还林(草)对生态环境的改善,是以改良土壤的作用为基础的。退耕还林(草)通过植被枯枝落叶层、根系和固氮作用,对地表生物种类、丰度和组成产生影响,增加了土壤含氮量、有机质,改善了土壤物理性质,从而改变了地表的特征<sup>[20]</sup>和沉积物输运<sup>[21]</sup>。据北京林业大学在晋西吉县调查,8 年生沙棘林地 0 ~ 30 cm 土层全氮量比农田和荒坡地增加 0.054 和 0.066 个百分点,有机质含量比农田增加 1.12 个百分点<sup>[22]</sup>。因此,退耕还林(草)可以防风固沙,改变地表粗糙度和吸收率,改善土壤结构,增加土壤肥力<sup>[23,24]</sup>。在黄土高原,由于退耕还林(草)而引起的土壤性状以及沉积物运输已经极大地得到改善,这些过程包括土壤抗蚀性增强、土壤变得疏松、土壤营养更加丰富及土壤湿润度增加等<sup>[25]</sup>。

### 1.4 气候效应

退耕还林(草)对气候的影响目前只能粗略地估算。退耕还林(草),通过植被覆盖度的增加对局地气候变化产生的影响是比较清楚的,但对区域气候变化的影响却存在着较多争论<sup>[26]</sup>。但有一点可以肯定,如果这种变化存在的话,一定是由于微量气体释放而引起的<sup>[27]</sup>。在小范围内,退耕还林(草)引起植被度增加,改变了太阳能的分配方式,增加了地表反射率,使温度降低、湿度增加,而这些又反过来影响植被的再生潜力<sup>[28]</sup>。吕世华等人使用美国 NCAR 区域气候模式 RegCM 2 数值模拟了西部植被覆盖的气候效应,认为:植被增加,地面温度会降低;有利于黄河中游地区季风加强;夏季雨带会北移、降雨量增加;流域径流量增加<sup>[29]</sup>。退耕还林(草)、植被盖度增加可以吸收空气中二氧化碳气体,产出氧气,从而净化空气,调节气候<sup>[24,25]</sup>。此外,退耕还林(草)引起的植被盖度增加可以减轻自然灾害,包括降低风速、减少沙尘暴次数,预防或减轻风沙、霜冻、干热风、干旱等对农业的威胁<sup>[28]</sup>。

## 2 退耕还林(草)的社会效应

虽然退耕还林(草)是生态环境建设工程,但由于坡耕地承载了相应的社会人口,因此大规模的退耕还林(草)工程不可避免地涉及到农村产业结构和农民收入<sup>[30]</sup>,并会对黄土高原粮食生产和粮食安全带来直接影响<sup>[31]</sup>,退耕还林(草)的社会效应研究成为退耕还林(草)环境效应研究中必不可少的一部分。

### 2.1 农村产业结构

坡耕地是农民基本口粮田和经济收入的来源。退耕后由于耕地的减少,对农村产业结构产生影响<sup>[32]</sup>,包括种植结构、家庭养殖结构、剩余劳动力的重新分配等。退耕还林(草)是通过农业内部资源的重新配置与有效利用,减少某些过剩农产品的生产,增加短缺农产品的生产,通过合理投资与经

营,提高农村产业结构调整的效率<sup>[32]</sup>。退耕还林(草)工程与产业结构调整相结合,要求把退耕地类作为新的经济增长点,至少将其中一部分调整为以获取经济效益为主的利用方式<sup>[33]</sup>。吴志文在深入分析权益机制制约的基础上,提出了产业结构调整的思路:政策引导+市场机制+科技支撑+农民意愿,即合理配置退耕还林(草)中的权益,调动方方面面的积极性,尊重群众的首创精神,创新生态补偿制度、创新林权和农林地制度、创新经营模式、创新退耕还林(草)管林模式,进行产业结构调整,培育区域特色经济<sup>[34]</sup>。经济发展过程就是产业结构调整的过程,西部地区应抓住大规模退耕还林(草)还草的机遇,将其与产业结构调整结合,发挥特色产业;培育生态建设产业;以小城镇为依托,发展第三产业,来促进县域经济持续发展,为地域结构调整及所有制结构调整奠定基础<sup>[35]</sup>。退耕还林(草)不仅要产业调整、地域结构调整相结合,还必须与制度创新相结合,以保障和强化产业结构调整、地域结构调整与所有制调整之间的正反馈。

## 2.2 农民收入

退耕还林(草)是一项保护生态,协调人与自然和谐、持续、稳定发展的系统工程。发展特色经济,增加农民收入是退耕还林(草)工程持续、稳定发展的根本保障。从一项政策的“目的——手段链”来看,实施退耕还林(草)与确保农民收入增长是相辅相成的,只有解决农民长期收入增长问题,才能从根本上实施退耕还林(草)。陈绪敖<sup>[36]</sup>通过对我国改革开放以来的农业实践研究认为,制约农民收入增长的障碍在很大程度上是由于农业生态资源的破坏造成的,实施退耕还林(草)是农业可持续发展和农民收入长期增长的根本保障。在退耕还林(草)工程中,调整农村产业结构,转变经营模式,解决农民收入长期稳定增长等问题是巩固和推进退耕还林(草)的关键。此外,退耕还林(草)的最终评价指标体系,也不能仅仅依靠各级政府的经济指标,还应与农民的生活来源和经济增长替代模式相结合。

## 2.3 粮食安全

保护生态环境、实施可持续发展与确保粮食安全一直受到专家学者的关注和研究。1983年4月联合国粮农组织通过的粮食安全定义为:“粮食安全的最终目标应该是,确保所有人在任何时候既能买得到又能买得起他们所需要的基本食品”。封志明<sup>[31]</sup>等从西北地区退耕规模及其粮食响应出发,以县为单元,探讨了西部地区的耕地和粮食问题,认为:陡坡耕地退耕可以节约农业投入、改善生态环境、降低自然灾害发生的频率<sup>[37,38]</sup>,从长远角度讲对粮食生产产生积极影响。但是,退耕还林(草)首先是以耕地面积的减少为代价的。但是,退耕还林(草),耕地面积减少、粮食种植面积也在大幅度下降,而粮食需求量在增加。因此,短期内退耕对粮食生产最直接、最显著的影响是由于耕地面积减少而引起的粮食总产量的降低。仅此而言,退耕将使原为粮食基本平衡区和缺粮区<sup>[39~41]</sup>的黄土高原地区陷入暂时的缺粮境地<sup>[31]</sup>。退耕还林(草)引起人均粮食占有量会大幅度下降,必须引起足够重视。

## 3 退耕还林(草)尚待或进一步深化研究的几个问题

退耕还林(草)效应研究在未来的几十年无疑将成为环境问题的研究热点和重点之一。大规模的退耕还林(草)工程尚处于摸索阶段,对退耕还林(草)以来不同类型区产业结构的调整和布局、退耕还林(草)和植被恢复相关技术的组装与集成、配套政策等,急需进行评估、进一步的研究和完善。

### 3.1 退耕还林(草)驱动下的土地利用时空格局演变研究

退耕还林(草)使土地利用结构趋于合理化,并使之建立在生态协调和平衡的基础之上<sup>[42]</sup>,包括土地利用结构、土地利用时空变化等,并与退耕还林(草)进展状况(所处阶段、不同阶段的退耕规模等)密切相关。同时,退耕还林(草)实现了土地资源优化配置,是一场土地利用方式的深刻变革<sup>[43]</sup>。退耕还林(草)对土地利用格局的影响显而易见。因此,在较大尺度上开展退耕还林(草)驱动下的土地利用格局研究,弄清楚黄土高原不同类型区土地利用的数量特征,阐明退耕还林(草)进展、土地利用格局时空演变规律性及其它它们之间的互动关系,对于退耕还林(草)规划的制定和修订、农村产业结构的布局和调整,退耕还林(草)的可持续发展是必要和紧迫的。

### 3.2 退耕还林(草)模式与适度规模研究

退耕还林(草)是黄土高原植被恢复重建计划的切入点和关键技术,对减少黄土高原水土流失,恢复生态环境具有重大意义。可这一生态举措是否取得预期效果,取决于能否解决好植被恢复的一系列策略和技术问题。例如退耕的适度规模和速度,退耕后植被重建的方向和方式,造林种草的品种选择和如何提高成活率和保存率等。其中,适度的退耕规模和稳妥的时间进程是退耕还林(草)工程成败的关键。

因此,需要分不同类型区,对黄土高原退耕还林(草)的模式和规模进行分析研究,根据主要生态和社会因子对退耕还林(草)过程的响应,对黄土高原不同类型区退耕还林(草)过程的人工调控途径、技术和方法进行研究,包括退耕还林(草)模式、规模、内容和手段等,成为当前亟待研究解决的问题之一。

### 3.3 退耕还林(草)植被自然修复及人工调控技术研究

黄土高原植被及生态环境的退化完全是人为不合理利用土地、滥砍滥伐的结果。随着西部生态环境建设战略和退耕还林(草)工程的实施,加快黄土高原植被恢复成为当务之急。在退耕还林(草)中,如何避免和解决以前人工造林种草的问题,也是亟待解决的问题。植被建设作为水土保持的主要措施之一,在过去的50多年中,一直受到较多的重视<sup>[44]</sup>。而多年的建设也取得了一定的成效,如植被覆盖有所增加、局部地区的水土流失得到一定程度的控制、以小流域为单元的治理模式逐渐得到推广等<sup>[45]</sup>,但也存在覆被率低,造林成活率、保存率低和效益低等问题<sup>[46]</sup>。而对人工恢复和有关植被自然恢复研究较少<sup>[47~49]</sup>,更缺乏黄土高原植被自然恢复的研究。而黄土高原作为典型的生态过渡带,无论气候还是地形因素都有其特殊性,其它研究区域的结论并不能在此适

用。因此,有必要对黄土高原的植被自然恢复进行研究,揭示植被自然恢复规律,以及主要生态因子对植被恢复过程的响应,提出相应的人工调控途径与技术,建立自然恢复或人工恢复的有效联系,为植被生态系统的恢复重建提供基础。

3.4 退耕还林(草)工程监测与评价指标体系研究

退耕还林(草)工程是以改善环境、植被恢复重建为目的的,它包括生态环境效益、经济效益和社会效益,并具有显著的可持续发展特征,是一个动态变化的过程,这种动态变化过程主要体现在:一是退耕还林(草)工程的周期性和周期性循环的连续性;二是退耕还林(草)具有较强的结构层次和顺序性。

因此,依据退耕环境、监测对象、监测目的,综合对退耕还林(草)过程响应的生态和社会因子,对黄土高原地区退耕还林(草)监测方法(包括退耕还林(草)基本情况的统计、农户抽样调查、跟踪调查和省县级监测点的布设和分布等)和评价指标体系(包括绿色指标、生态指标、防灾减灾能力指标、自恢复力建设指标等)进行研究,建立黄土高原退耕还林(草)监测与评价指标体系;识别和诊断不同类型区退耕还林(草)工程的限制性因素及其制约程度,藉以勾绘出不同类型区退耕还林(草)进展和可持续发展的基本轮廓,从而为黄土高原退耕还林(草)工程的顺利进行提供工作方向和量化范围。

参考文献:

[1] 徐振华,等.退耕还林可持续发展的系统思考[J].水土保持学报,2003,17(1):41-49.

[2] 唐克丽.退耕还林还牧与保障粮食安全的协调发展问题[J].中国水土保持,2000,(8):35-37.

[3] 张科利,唐克丽,王斌科.黄土高原浅沟侵蚀特征值的研究[J].水土保持学报,1991,(2):8-13.

[4] 唐克丽,张科利,雷阿林.黄土丘陵区退耕上限坡度的研究论证[J].科学通报,1998,43(2):200-203.

[5] 孟庆枚.黄土高原水土保持[M].郑州:黄河水利出版社,1996.

[6] 张俊飏.黄土高原地区退耕还林(草)的基本思路在分析[J].青海环境,2001,11(3):103-107.

[7] 彭文英,张科利,李双才.黄土高原退耕还林(草)紧迫性地域分级论证[J].自然资源学报,2002,17(4):438-443.

[8] 中国国际工程咨询公司.退耕还林工程中期评估报告[R].2003.

[9] 王飞,李锐,温仲明.退耕工程环境效益发挥的影响因素调查研究[J].水土保持通报,2002,(6):1-4.

[10] 杨小波,等.海南琼北地区不同物种多样性与土壤肥力的关系[J].生态学报,2002,22(2):190-196.

[11] 李世东,吴转颖.中西部地区退耕还林模式探讨[J].林业科技,2002,38(3):154-159.

[12] 谢高地,于贵瑞,冷允法,等.中国西部植被恢复重建空间格局分析[J].山地学报,2002,20(6):666-672.

[13] Vitousek P M·Beyond global warming: ecology and global change[J].Ecology,1994,75(7):1861-1876.

[14] 马三保,郑妍,马彦喜.黄土丘陵区水土流失特征与还林还草措施研究[J].水土保持研究,2002,9(3):55-57.

[15] 刘建军,崔宏安,王得祥,等.延安市张梁试区退耕地植被自然恢复与多样性变化[J].西北林学院学报,2002,17(3):8-11.

[16] Rickey J E,Nobre C,Deser C·Amazon River discharge and climate variability: 1903-1985[J].Science,1989,246:101-103.

[17] Carpenter S R,S G Fisher,N B Grimm·Global change and freshwater ecosystems[J].Annu Rev of Eco Syst,1992,23:119-140.

[18] 张义丰,王又丰,程志刚,等.西部开发的生态背景与农村脱贫的关系[J].地理科学进展,2000,(4):327-334.

[19] 温仲明,杨勤科,焦峰,等.基于农户参与的退耕还林(草)动态研究[J].干旱地区农业研究,2002,20(2):90-94.

[20] 李晓兵.国际土地利用——土地覆盖变化的环境影响研究[J].地球科学进展,1999,(4):395-400.

[21] Rozanov B G,Targulian V,Orlov D S·Soils[A].In:Turner B L',et al eds.The Earth as Transformed by Human Action[C].Cambridge:Cambridge University Press,1990.203-214.

4 结 语

黄土高原是中华民族的摇篮,古老文明的发祥地,具有悠久的土地开发史,几千年人类的活动和实践,不仅对黄土高原环境的演变产生了深远影响,而且已经造成一系列严重影响区域乃至我国可持续发展的环境问题。一方面,广泛的农业化过程为黄土高原提供了客观的粮食,另一方面,严重的水土流失和日益恶化的环境摆在我们面前;农村经济改革与科学技术的发展,为黄土高原经济的快速增长创造了奇迹,然而,黄土高原区域气候的变化、水土流失严重和过度放牧引起环境恶化等一系列问题正在严重地影响着黄土高原区域的可持续发展。在现在和未来的几十年内,退耕还林(草)成为黄土高原土地利用格局和环境变化的主导因素之一。同时,黄土高原土地类型多种多样,退耕还林(草)引起的环境效应也将成为黄土高原环境变化的重要组成部分。我们应吸取国际上一些重要研究计划的精华,与世界先进水平接轨,大力开展黄土高原退耕还林(草)过程及其环境效应的研究势在必行。

致谢:水土保持研究所博士生赫晓慧、段建军,硕士生马祥华;西北农林科技大学硕士生刘峰、黄菊莹、逢会娟、任书杰、张笑培等参加了本研究的野外调查工作,在此表示诚挚的感谢!

SiO<sub>2</sub> 的含量降低了将近 20%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量升高了将近 10%, 其它成分含量变化不大, 反映出炭质泥岩经滑动扰动、泥化后, 其物质成分发生了重组, 其黏粒含量增大。

## 5 结 论

- 由以上分析可得以下几点结论:
- (1) 同一种炭质软岩, 在不同的含水量下会表现出不同的力学性质, 一般含水量高, 其力学性能要低; 反之要高。尤其对一些含亲水性的矿物组成的岩土体, 其影响更大。
- (2) 同一种炭质软岩, 扰动前与扰动后力学性能将发生变化, 主要是其物质成分发生了变化, 物质成分决定其力学

参考文献:

[ 1 ] 李育枢. 深挖路堑公路边坡岩体力学参数及获取方法体系研究[ D ]. 成都: 成都理工大学, 2003.

[ 2 ] 何满潮, 景海河, 孙晓明. 软岩工程力学[ M ]. 北京: 科学出版社, 2002.

[ 3 ] 孔德坊. 工程岩土学[ M ]. 北京: 地质出版社, 1992.

[ 4 ] 地质矿产部水文地质专业实验测试中心. 中华人民共和国地质矿产部岩石物理力学性质试验规程 DY- 94 [ M ]. 北京: 地质出版社, 1995.

性能; 扰动后土的物质成分发生重组, 黏粒含量增加, 降低了其力学性能。

(3) 在饱水初期, 抗剪强度降低的幅度较大, 单位时间内的抗剪强度降低值大, 曲线的斜率的绝对值较大, 主要是蒙脱石受水影响在发生分子膨胀作用, 因蒙脱石晶胞与晶胞以 O<sup>-</sup> 离子接触, 故不够紧密, 可以吸收不定量的水分子, 体积大大膨胀, 使软岩整体失去连接, 从而强度大大降低; 而后期, 抗剪强度降低的幅度较小, 主要是高岭石受水影响发生胶体膨胀, 高岭石晶胞与晶胞之间联结较强, 亲水性差, 体积膨胀也小, 故抗剪强度降低幅度较小。

( 上接第 29 页)

[ 22 ] 赵金荣, 等. 黄土高原水土保持灌木[ M ]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 374.

[ 23 ] 侯正明. 平凉市气候变化特征及其对生态环境的影响[ J ]. 甘肃农村科技, 2001, ( 3 ): 15- 16.

[ 24 ] 黄勇. 退耕还林功在千秋利在当代[ J ]. 四川草业, 2003, ( 2 ): 8.

[ 25 ] 代亚丽, 蔡江碧, 王宏丽. 植被建设在黄土高原生态环境建设中的地位 and 作用[ J ]. 西北农业大学学报, 2000, 28( 6 ): 130- 134.

[ 26 ] Meyer W B, Turner B L. Human population growth and global land- use/ cover change[ J ]. Annu Rev Eco Syst, 1992, 23: 39- 61.

[ 27 ] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对我国北方荒漠草原植被的影响[ J ]. 地球科学进展, 2002, 17( 2 ): 395- 400.

[ 28 ] Uhl C, Kauffman J B. Deforestation, fire susceptibility and potential tree response to fire in eastern Amazon[ J ]. Ecology, 1990, 71: 437- 449.

[ 29 ] 吕世华, 陈玉春. 西北植被覆盖对我国区域气候变化影响的数值模拟[ J ]. 高原气象, 1999, 18( 3 ): 416- 424.

[ 30 ] 陈继红, 邓玉林. 寓科技于产业, 再造山川秀美[ J ]. 林业科技管理, 2001, ( 1 ): 31- 33.

[ 31 ] 封志明, 张蓬涛, 杨艳昭. 西北地区的退耕规模\ 粮食响应及政策建议[ J ]. 2003, 22( 1 ): 105- 113.

[ 32 ] 邢小方, 杨德福. 退耕还林对农民收入和农村产业结构的影响[ J ]. 林业财务与会计, 2002, ( 11 ): 46.

[ 33 ] 杨西岳. 退耕还林与产业结构问题的讨论[ J ]. 四川林业科技, 2001, 22( 1 ): 24- 27.

[ 34 ] 吴志文. 退耕还林中的权益配置及产业结构调整[ J ]. 世界林业研究, 2001, 14( 3 ): 75- 80.

[ 35 ] 赵雪燕, 师守祥. 论西部退耕还林与县域经济结构调整[ J ]. 未来与发展, 2001, ( 8 ): 40- 42.

[ 36 ] 陈绪敖. 退耕还林中农民收入增长: 问题与对策[ J ]. 安康师专学报, 2003, ( 15 ): 4- 6.

[ 37 ] 羊绍武, 杨争光. 退耕还林与粮食生产[ J ]. 西南民族学院学报( 哲学社会科学版 ), 2001, 22( 2 ): 47- 49.

[ 38 ] 侯军歧, 等. 退耕与西部地区的粮食发展[ J ]. 中国食物与营养, 2000, ( 3 ): 45- 46.

[ 39 ] 郭焕成. 社会主义市场经济体制下中国农业持续发展战略研究[ M ]. 北京: 环境科学出版社, 1996. 178- 194.

[ 40 ] 陆大道. 1997 中国区域发展报告[ M ]. 北京: 商务印书馆, 1997.

[ 41 ] 张落成. 中国 21 世纪粮食地区结构变化研究[ A ]. 见: 中国科学院国情分析研究小组. 农业与发展——21 世纪中国粮食与农业发展战略研究[ M ]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1997. 308- 333.

[ 42 ] 郭正模. 退耕还林工程对山区土地利用影响的分析[ J ]. 国土经济, 2002, ( 10 ): 7- 9.

[ 43 ] 鲁绍伟, 黄选瑞, 李帅英, 等. 退耕还林的背景分析[ J ]. 河北林果研究, 2003, 18( 1 ): 20- 23.

[ 44 ] 吴钦孝, 等. 黄土高原水土流失区的植被资源和植被建设[ J ]. 水土保持研究, 1994, 1( 3 ): 2- 8.

[ 45 ] 黄河水利委员会. 黄河水土保持志[ M ]. 郑州: 黄河水利出版社, 1999.

[ 46 ] 侯庆春, 等. 黄土高原植被建设中的有关问题[ J ]. 水土保持通报, 2000, 20( 2 ): 53- 56.

[ 47 ] 陈昌笃. 陕甘边境子午岭梢林区的植被及其在水土保持上的作用[ J ]. 植物生态学与地植物学资料丛刊, 第二集, 1958.

[ 48 ] 王占孟. 模拟天然植被演替规律建设黄土高原生态系统的研究[ J ]. 甘肃林业科技, 1995, ( 1 ): 41- 55.

[ 49 ] 朱志诚. 陕北黄土高原森林草原地带植被恢复演替初步研究[ J ]. 山西大学学报, 1994, 16( 1 ): 94- 100.