

# 中国黄土高原

## 水土保持与农业可持续发展

SOIL AND WATER CONSERVATION AND AGRICULTURAL  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON THE LOESS PLATEAU OF CHINA

谢永生 等 著

 科学出版社

水土保持理论与科技丛书

# 中国黄土高原水土保持 与农业可持续发展

谢永生 等 著

黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室资助出版

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书围绕黄土高原生态建设与水土流失治理的新需求,以作者所承担的“十一五”和“十五”国家科技攻关课题所积累的资料及研究成果为基础,系统总结并阐述了黄土高原水土保持与农业持续发展的相关问题,明确了水土流失综合治理模式的层次结构及商品型生态农业将成为黄土高原未来发展的较佳模式;提出了“囤粮寓田”战略,建议国家制定粮食补贴政策时,应高度关注区域间资源与环境成本问题;建立了黄土高原水土流失综合治理环境效应和治理效益评价的指标体系及模型,研发了水沙效益网格模拟技术;划分了水土流失重点治理区,提出了未来二十年主要水土流失区(近25万 km<sup>2</sup>)区域治理目标及治理规模。这为黄土高原农业生态经济可持续发展方案的制订提供了科学依据和参考价值,为相关研究提供了研究思路或方法。

本书可供从事生态经济、水土保持、农业发展战略等领域的科研、教学及相关管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国黄土高原水土保持与农业可持续发展/谢永生等著. —北京:科学出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-03-040308-7

I. ①中… II. ①谢… III. ①黄土高原—水土保持—研究  
②黄土高原—农业可持续发展—研究 IV. ①S157 ②F327.4  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 058948 号

责任编辑: 祝 洁 甄文全 / 责任校对: 张临临  
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 范璧合

**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>

**北京通州皇家印刷厂印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 4 月第一次印刷 印张: 21 1/2 插页: 2

字数: 500 000

定价: 90.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 编辑委员会

主 编：谢永生

副主编：王继军 周 桔

编 委（以姓氏笔画为序）：

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王 辉 | 王万忠 | 王恒俊 | 王继军 | 吕一河 |
| 李文卓 | 李春越 | 张应龙 | 周 桔 | 郝明德 |
| 姜志德 | 索改弟 | 徐 勇 | 焦菊英 | 谢永生 |

## 序 言

水土流失状况是区域生态恶化程度的集中反映，严重的水土流失直接影响着区域粮食安全、生态安全和农业可持续发展，是我国头号环境问题。

黄土高原地区是中华民族的摇篮，古文明的重要发祥地，以创造了灿烂的中华古文明而闻名于世。该区不但具有独特的黄土地貌景观，更有不可替代的区位特点与丰富的地下资源。黄土高原地区煤、油、气和有色金属异常丰富，是我国重要的能源、化工和有色金属基地，是连接我国西部与东部经济发达地区的纽带，也是我国中东部地区的生态屏障，经济与生态地位十分重要。

黄土高原地区曾有过土深地美，水草丰茂，林木广布，人畜兴旺，人与自然和谐相处，生态、经济、社会、文化共同发展繁荣的辉煌昔日。后因人为不当活动的日趋加剧，长期对自然资源掠夺式开发利用，导致生态环境严重破坏，水土流失不断加剧，以致沦为我国乃至世界水土流失最严重、经济贫穷落后的地区。

新中国成立 60 余年来，党和国家始终给予黄土高原水土保持和农业发展高度重视和大力支持。在国家大力支持和广大干部、群众、科技人员的共同努力下，该区的水土保持和农业发展道路虽然曲折起伏，但始终缓慢向前发展，且在长期的生产、治理实践与科研示范工作中，获得了一系列有价值的典型经验和科技成果，对该区水土保持与农业持续发展起到了重要的促进作用。

20 世纪 80 年代以前，对于黄土高原的水土流失治理与农业持续发展问题，由于缺乏长期和深入的科学研究成果，特别是对一些涉及区域水土流失治理战略与途径和农业发展的重大基础理论与技术研究不足，认识水平不高，导致不能正确处理生态与经济，林业、牧业与农业，粮食生产与多种经营，人与自然的的关系。农业生产“以粮为纲”，广种薄收，滥垦滥种严重；植被建设出现背离植被自然适宜性问题，出现了全国支援大西北，向黄土高原寄送树种和草种，以人力、人意营造为主建设生态等问题。

20 世纪 90 年代以来，随着国家改革开放的深入、整体国力的不断提升和科学研究工作的不断深入，黄土高原水土流失治理与农业持续发展理论方面，出现了水土流失治理“28 字方针”和水土保持型生态农业模式，涌现出一大批水土流失治理与农业协调发展的试验示范区和治理模式，推动了局部区域的生态改善与农业发展。

1999 年国家实施西部大开发战略，黄土高原迎来了以退耕还林（草），以粮代赈、全面封育为主的生态建设阶段，将水土保持和土地合理利用推到一个前所未有的高度，水土保持和农业发展迎来了机遇与挑战。如何保障黄土高原坡耕地退的下，“稳的住和不反弹”？如何评价退耕还林（草）工程的水土保持效应与效益？未来水土保持与农业

发展模式与机制是什么？退耕还林（草）工程对区域粮食安全与经济社会发展带来的影响如何等诸多重大问题，是摆在广大科技人员面前急需解决的大事。在这种背景下，中国科学院、水利部水土保持研究所和有关单位，组织相关学科的科技人员，经过 10 余年的努力，对上述系列重大问题进行了系统深入的研究，取得多项研究成果，提出了实施“囤粮寓田”战略是保障退耕还林成果的必由之路；指明了未来不同类型区水土流失治理技术标准和目标；建立了水土保持效益评价方法；明确了水土保持与区域农业发展模式演变过程与适宜范围，阐明了商品型生态农业发展模式是使区域水土保持与农业发展相融合、相协调，促进区域生态、经济、社会全面发展的较佳模式；分析了当前国家粮食生产格局对黄土高原以及国家粮食安全与持续发展带来的影响等。《中国黄土高原水土保持与农业可持续发展》一书是作者对近些年来最新成果的总结、凝练和提高，是多年研究的辛勤劳动结晶。该书理念新颖、思路清晰、内容丰富、涉及面广、针对性强、资料翔实、论述精透、观点明确、理论和实践结合紧密，是一部实践应用性广阔、理论指导性较强的前瞻性科技论著。这无疑是对黄土高原区域治理、实现可持续发展的重大贡献，也为该区水土保持与农业持续发展指明了方向，定将在生态环境建设和农业可持续发展中发挥重要的指导和促进作用。

中国科学院院士

李振声

2013 年 9 月 25 日

# 前 言

240 万年前, 青藏高原的隆升直接改变了大气环流格局。一方面造成中国的西北部地区气温冷热剧变, 岩石物理风化强烈, 形成了大面积的沙漠和戈壁; 另一方面从西北吹向东南的冬季风盛行, 将大量的黏土和粉沙颗粒, 带到 3500m 以上的高空, 进入西风带, 被西风急流向东南方向搬运, 集中沉降在黄河中下游一带。中国古籍里有上百处关于“雨土”、“雨黄土”、“雨黄沙”、“雨霾”的记录, 最早的“雨土”记录可以追溯到公元前 1150 年: “天空黄雾四塞, 沙土从天而降如雨”。沉降黄土同期又受到当地生物、气候的作用, 参与了成土过程, 形成了一定的肥力基础的土壤, 造就了当今的黄土高原。因而, 黄土疏松多孔、保水保肥、具有天然的肥力和良好耕作性, 同时由于土壤成土作用弱, 结持性小、抗蚀性差, 加之人类不合理的土地利用方式, 导致了该区的水土流失举世瞩目。长期的水土流失加剧了黄土高原人贫困, 制约着该区的持续发展, 同时威胁着黄河流域的经济社会安全。

黄土高原地区是一个独特的自然地理历史单元, 也是世界上沉积范围最广, 堆积厚度最深的黄土堆积体。这里是中华民族摇篮、中华文明的发祥地, 自夏、商、西周直至唐代, 在将近 3000 年的时间里, 该区一直是我国的政治与文化中心。西汉以前这里基本上保持着以牧为主, 林牧结合, 南农北牧的生态格局, 天蓝地绿, 山清水秀, 人为水土流失不十分明显。两汉以后, 随着农业经济的快速发展, 统治者为了拓展疆土, 采取了派兵出征, 屯田戍边, 移民实边等措施, 使得人口迅速增长, 农业经济得到进一步发展, 垦荒种地愈演愈烈, 农耕业逐渐挤压了林牧业, 林草植被破坏, 水土流失日趋严重。严重的水土流失不仅使生态环境破坏, 也加剧了人民的贫困, 成为制约该区农业持续发展的突出限制因素, 同时威胁着黄河流域的经济社会安全。

新中国成立以来, 黄土高原的水土流失问题受到国家和各级政府的高度重视, 先后推动了“农业学大寨”的大规模修筑梯田和淤地, 开展重点区域水土流失治理工程等, 在一定程度上改善了黄土高原的农业生产状况, 但是由于受到不同时期国家整体经济社会发展状况、生产力发展水平和人们对人与自然的关系、保护环境与发展经济的关系认识与理解的局限, 黄土高原的水土流失与贫困, 黄河泥沙淤积下游河道形成地上悬河对下游数千万人民生命与财产带来的威胁问题始终是困扰我国的重大生态与经济问题。

20 世纪末, 随着我国改革开放的不断深入, 中东部经济得到了快速的发展, 东西部发展差距不断扩大, 水土流失成为阻碍黄土高原及我国中西部广大地区发展与稳定的瓶颈性问题, 国家适时地提出了建设山川秀美的西部地区, 实施了退耕还林(草)和天然林保护等重大生态工程; 进入 21 世纪, 国家又提出了科学发展观, 建设生态文明和构建社会主义和谐社会的建设目标, 必须统筹人与自然和谐发展, 切实把经济社会发展转入科学发展的轨道。这对水土保持生态建设与保护提出了更新更高的要求。

在国家推动退耕还林(草)工程、天然林保护工程、退耕还牧工程等大规模生态建设工程之时的黄土高原已解决了温饱,黄土高原科技攻关先进试验示范区的小流域治理已步入水土保持型生态农业建设的最高阶段,即生态系统良性循环阶段。随着大量资金与物质的投入黄土高原各省区的生态、经济及社会各方面发生了深刻的变化,也对区域生态与经济的可持续发展带来许多新问题与挑战,诸如不同类型区水土流失治理与生态恢复的标准如何,大规模水土流失治理后对黄土高原带来的生态、经济、社会效益如何计量与评价,指导未来黄土高原水土流失治理与农业发展的模式、理论是什么,当前国家粮食生产格局和黄土高原退耕还林(草)后对黄土高原粮食安全的影响及未来的战略选择,20年或50年后区域生态环境演变的方向与环境效应等问题,成为国家及各级地方政府密切关注和需要回答的重大科学问题。

围绕黄土高原生态建设与水土流失治理的新需求,在国家“十一五”支撑计划项目“黄土高原水土流失综合防治技术研究”、中国科学院知识创新工程重大项目专题“陕西省粮食安全与可持续发展战略”、国家“十五”支撑计划项目专题“黄土高原生态环境重建与农业可持续发展战略”和“中尺度退耕还林(草)的科学途径与支撑条件”等立项支持下,通过定位试验、室内分析和典型区域路线考察,开展以农户为重点的农户生产经营行为、产业取向、粮食安全与政策响应调查,省地县相关统计数据采集,对相关问题进行了深入探讨和研究,取得了一系列科学研究成果。其中,部分研究成果被“国家中长期科技发展战略”项目、中国工程院“黄土高原生态环境建设与农业可持续发展战略研究”咨询报告采用,本书正是基于10年来的研究累积及其形成的科研成果编撰完成。参与项目研究及本书编写的主要单位有西北农林科技大学、中国科学院水利部水土保持研究所、中国科学院生态环境研究中心、中国科学院地理科学与资源研究所等单位,直接参与项目研究的科技人员120余人。全书共分十三章,各章作者如下:前言,第一章,第七章,第十三章由谢永生、王恒俊、周桔执笔;第二章由王万忠、焦菊英执笔;第三章由徐勇、王志强、高雅、景可、党小虎执笔;第四章由吕一河、汪亚锋、刘宇执笔;第五章由王辉、谢永生、马永清执笔;第六章由李春越、谢永生、韩书成、赵连武、张艺、蒲蕾执笔;第八章由王继军、姜志德、谢永生、郭满才、李慧、杜娜执笔;第九章由姜志德、郑业军、刘会静、李昕执笔;第十章由郝明德、何晓雁执笔;第十一章由李文卓、谢永生、王恒俊、刘涛、何毅峰执笔;第十二章由张应龙、谢永生、李晓、索改弟执笔。全书由谢永生和周桔负责策划,王恒俊、谢永生和王继军负责统稿,索改弟负责相关图表处理及编务。感谢科学技术部、中国科学院给予的立项支持,感谢中国科学院科技促进发展局、国家土壤侵蚀与旱地农业重点实验室、西北农林科技大学、水利部水土保持生态工程技术研究中心等部门支持与帮助,感谢程积民研究员在试验设计方面的指导和支持,对以上单位及人员的大力支持与协助表示衷心的感谢!

由于时间仓促,研究内容涉及面较宽,加上作者的认知水平所限,本书尚存不妥之处,敬请读者指正!

作者

2013年10月

# 目 录

序言

前言

## 上篇 水土流失治理效应与评价

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 第一章 黄土高原水土保持概况                        | 3  |
| 第一节 黄土高原自然社会经济与水土流失特征                 | 5  |
| 一、自然环境特征                              | 5  |
| 二、社会经济特征                              | 7  |
| 三、水土流失的区域特征                           | 13 |
| 第二节 黄土高原土壤侵蚀演变与水土保持历史回顾               | 15 |
| 一、历代土壤侵蚀恶性演变与水土保持缓慢发展阶段               | 15 |
| 二、现代土壤侵蚀良性演变和水土保持大发展阶段                | 16 |
| 第三节 黄土高原水土流失治理成就                      | 19 |
| 一、水土保持重大工程及成效                         | 19 |
| 二、水土保持生态建设示范工程与成果                     | 22 |
| 三、黄土高原地区生态建设的整体成就                     | 25 |
| 第四节 黄土高原水土保持生态环境建设典型经验                | 27 |
| 一、狠抓基本农田建设, 保证粮食安全, 是区域生态与环境持续发展的基本保证 | 27 |
| 二、退耕还林还草重大政策开创了黄土高原水土保持工作新局面          | 28 |
| 三、实施“大封禁, 小治理”, 以自然自我修复为主, 是水土保持理念的革新 | 29 |
| 四、按小流域进行综合、连续和集中治理, 是黄土高原生态和农业建设的成功之路 | 30 |
| 五、因地制宜和分类指导是黄土高原水土保持生态建设成功的关键         | 31 |
| 六、科技试验示范是水土保持生态建设顺利开展的先导, 持续发展的支撑     | 32 |
| 七、强化以国家为主体的多元化投入机制及以预防保护为主的监督机制       | 33 |
| 第二章 黄土高原侵蚀产沙及其治理标准                    | 35 |
| 第一节 黄河输沙量的变化特征                        | 36 |
| 一、黄河中上游的输沙量变化                         | 36 |
| 二、黄河中上游各区段输沙量的变化                      | 37 |
| 三、黄河中游主要支流的输沙量变化                      | 38 |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 第二节 黄土高原不同类型区侵蚀产沙强度的变化特征 .....           | 39 |
| 一、土壤侵蚀类型区的划分 .....                       | 39 |
| 二、不同侵蚀类型区侵蚀产沙强度的变化 .....                 | 41 |
| 三、各侵蚀类型区不同侵蚀产沙强度的面积变化 .....              | 43 |
| 第三节 黄土高原的治理标准 .....                      | 45 |
| 一、水土保持措施的配置原则和标准 .....                   | 45 |
| 二、不同类型区不同治理度下的侵蚀产沙量预测 .....              | 48 |
| 三、黄土高原的治理标准 .....                        | 49 |
| 四、关于黄土高原治理目标的几点认识 .....                  | 50 |
| 第三章 黄土高原水土流失综合治理效益评价 .....               | 53 |
| 第一节 水土流失治理的生态、经济和社会效益特征分析 .....          | 53 |
| 一、水土流失治理措施及其基本特征 .....                   | 53 |
| 二、赈济退耕情景及对农业的影响——以安塞县为例 .....            | 58 |
| 三、梯田退耕生态经济效益分析 .....                     | 58 |
| 第二节 水土流失治理综合效益评价框架模式 .....               | 60 |
| 一、水土流失治理措施综合效益评价框架模式 .....               | 60 |
| 二、水土流失治理综合效益评价指标体系 .....                 | 61 |
| 三、水土流失治理生态经济耦合评价模型及应用 .....              | 63 |
| 第三节 水土流失治理水沙效益网格模拟技术 .....               | 69 |
| 一、基于 SOA 和 GIS 的水土流失模拟系统架构 .....         | 69 |
| 二、YIELD 水土流失模拟系统 .....                   | 72 |
| 三、应用实例分析及建议 .....                        | 75 |
| 第四节 不同水土流失治理措施综合效益辨识和优选 .....            | 77 |
| 一、黄土丘陵区赈济退耕、梯田退耕和坝系退耕综合效益对比分析 .....      | 77 |
| 二、生态移民的国家区域政策响应 .....                    | 80 |
| 三、不同水土流失治理措施优缺点和脆弱性对比分析 .....            | 83 |
| 第四章 黄土高原水土流失综合治理的环境效应评价 .....            | 86 |
| 第一节 不同治理模式及其主要生态环境效应 .....               | 86 |
| 一、淤地坝工程措施的拦沙与碳存储效应 .....                 | 86 |
| 二、梯田治理坡与非治理坡的侵蚀和土壤养分效应 .....             | 92 |
| 三、坡面植被恢复措施的环境效应 .....                    | 93 |
| 第二节 基于遥感的典型小流域治理模式及区域植被恢复效应评估 .....      | 95 |
| 一、基于遥感的典型小流域治理模式辨识及效应评估 .....            | 95 |
| 二、区域保护与治理的植被恢复效应 .....                   | 97 |
| 第三节 水土流失综合治理环境效应评价的指标与方法 .....           | 98 |
| 一、 <sup>137</sup> Cs 侵蚀效应示踪中的本底值修正 ..... | 98 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 二、环境效应原理与指标 .....                    | 99         |
| 三、环境效应评价方法与案例 .....                  | 100        |
| <b>第五章 退化草原植被恢复演替过程中化感趋动作用 .....</b> | <b>103</b> |
| 第一节 植被演替与化感作用 .....                  | 103        |
| 一、黄土高原植被演替 .....                     | 103        |
| 二、化感作用在植被演替中的作用 .....                | 104        |
| 三、研究区概况 .....                        | 107        |
| 第二节 百里香群落的化感作用 .....                 | 107        |
| 一、百里香根际土的化感作用 .....                  | 107        |
| 二、百里香茎叶浸提液的化感作用 .....                | 110        |
| 三、百里香茎叶浸提液乙醚萃取化合物的化感作用 .....         | 112        |
| 四、百里香根系分泌物的化感作用 .....                | 114        |
| 第三节 铁杆蒿群落的化感作用 .....                 | 115        |
| 一、铁杆蒿根际土的化感作用 .....                  | 116        |
| 二、铁杆蒿茎叶浸提液的化感作用 .....                | 118        |
| 三、铁杆蒿茎叶浸提液乙醚萃取的化合物的化感作用 .....        | 120        |
| 四、铁杆蒿根系分泌物的化感作用 .....                | 121        |
| 第四节 本氏针茅群落的化感作用 .....                | 122        |
| 一、本氏针茅根际土的化感作用 .....                 | 123        |
| 二、本氏针茅茎叶浸提液的化感作用 .....               | 125        |
| 三、本氏针茅茎叶浸提液乙醚萃取化合物的化感作用 .....        | 127        |
| 四、本氏针茅根系分泌物的化感作用 .....               | 129        |
| 第五节 主要结论 .....                       | 130        |
| 一、百里香群落的化感作用 .....                   | 130        |
| 二、铁杆蒿群落的化感作用 .....                   | 131        |
| 三、本氏针茅群落的化感作用 .....                  | 131        |

## 中篇 发展模式与机制

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>第六章 黄土高原土地资源利用及生态经济适宜性 .....</b> | <b>135</b> |
| 第一节 黄土高原地区土地资源概述 .....              | 135        |
| 第二节 黄土高原地区土地利用及动态变化 .....           | 136        |
| 一、黄土高原土地利用动态变化 .....                | 136        |
| 二、黄土高原土地利用变化的自然和人文驱动因素分析 .....      | 138        |
| 第三节 黄土高原土地生态经济适宜性评价及优化配置 .....      | 145        |
| 一、土地生态经济适宜性评价 .....                 | 145        |
| 二、生态经济适宜性评价基础上的土地资源优化配置 .....       | 146        |
| 三、应用实例——以延安市城郊赵庄为例 .....            | 148        |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| <b>第七章 黄土高原水土流失治理模式的演变</b> .....         | 163 |
| 第一节 水土流失治理模式的层次性与适宜性.....                | 163 |
| 一、模式的基本概念.....                           | 163 |
| 二、水土流失治理模式的层次性与适宜性.....                  | 164 |
| 第二节 新中国成立以来不同历史时期治理策略与模式.....            | 166 |
| 一、第1阶段：探索治理阶段（1950~1963年）.....           | 166 |
| 二、第2阶段：重点治理与缓慢发展阶段（1964~1978年）.....      | 166 |
| 三、第3阶段：小流域综合治理阶段（1979~1990年）.....        | 167 |
| 四、第4阶段：法制建设、预防为主与重点治理时段（1991~1999年）..... | 168 |
| 五、第5阶段：以生态修复为主的规模治理时段（1999年至今）.....      | 169 |
| 第三节 不同时期黄土高原水土流失治理模式演变与阶段性.....          | 170 |
| 一、水土流失治理模式发展历程特点.....                    | 170 |
| 二、水土流失治理模式演变过程与阶段性.....                  | 172 |
| <b>第八章 黄土高原商品型生态农业发展模式</b> .....         | 174 |
| 第一节 商品型生态农业提出的背景.....                    | 174 |
| 一、中国主要生态农业模式类型所包含的“商品型生态农业”思想.....       | 174 |
| 二、水土保持型生态农业所依赖的自然条件已得到改观.....            | 174 |
| 三、市场经济对原有模式的冲击.....                      | 175 |
| 第二节 商品型生态农业建设阶段及模式构建.....                | 175 |
| 一、商品型生态农业建设阶段.....                       | 175 |
| 二、商品型生态农业评价指标体系及各阶段划分标准.....             | 177 |
| 三、商品型生态农业模式类型及其适宜性.....                  | 180 |
| 四、商品型生态农业模式构建.....                       | 181 |
| 第三节 商品型生态农业建设中的系统耦合——以县南沟流域为例.....       | 182 |
| 一、农业土地利用结构变化.....                        | 182 |
| 二、商品型生态农业系统耦合态势演变过程.....                 | 183 |
| 三、商品型生态农业系统耦合（现状）关系及问题.....              | 187 |
| 第四节 商品型生态农业进一步发展策略.....                  | 192 |
| 一、优化商品型生态农业产业结构，提高商品型生态农业的耦合功能效应.....    | 192 |
| 二、扶持相关产业发展.....                          | 192 |
| 三、确定生态阈值，继续推行合理的政策.....                  | 192 |
| <b>第九章 黄土高原水土保持生态补偿机制与途径</b> .....       | 193 |
| 第一节 水土保持生态补偿相关理论与实践.....                 | 193 |
| 一、相关概念.....                              | 193 |
| 二、相关理论基础.....                            | 197 |
| 三、国内外研究进展.....                           | 198 |
| 四、国内外实践经验.....                           | 200 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第二节 黄土高原水土保持生态补偿现行机制分析·····  | 201 |
| 一、黄土高原水土保持生态补偿的现状·····       | 202 |
| 二、黄土高原水土保持生态补偿机制的弊端·····     | 203 |
| 三、完善水土保持生态补偿市场化机制的必要性·····   | 205 |
| 四、建立水土保持生态补偿市场化机制的可行性·····   | 207 |
| 第三节 黄土高原水土保持生态补偿市场机制构架·····  | 208 |
| 一、水土保持生态补偿市场运作的原则·····       | 208 |
| 二、水土保持生态补偿的市场主体·····         | 209 |
| 三、水土保持生态补偿市场的产权交易机制·····     | 210 |
| 四、水土保持生态补偿市场的资金运作机制·····     | 216 |
| 五、黄土高原水土保持生态补偿市场机制的实现途径····· | 216 |

## 下篇 可持续发展中的粮食问题

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第十章 黄土高原地区旱作农业生产与粮食丰产技术体系研究····· | 227 |
| 第一节 黄土高原地区旱作农业的现状与发展过程·····      | 227 |
| 一、黄土高原地区旱作农业的现状·····             | 227 |
| 二、旱作农业发展过程·····                  | 228 |
| 第二节 旱作农业生产技术体系研究·····            | 229 |
| 一、传统旱作技术·····                    | 229 |
| 二、旱地作物综合栽培技术·····                | 230 |
| 三、不同降水年型粮食丰产抗灾综合技术·····          | 232 |
| 四、小麦生产的四个阶段·····                 | 237 |
| 五、黄土高原旱作区小麦生产规律性认识·····          | 238 |
| 六、不同降水年型小麦综合丰产抗旱技术体系·····        | 238 |
| 七、旱地小麦丰产技术研究·····                | 240 |
| 第三节 水土保持技术对农业持续发展的作用·····        | 240 |
| 一、常规水土保持措施·····                  | 241 |
| 二、保护性耕作技术·····                   | 242 |
| 三、地膜覆盖栽培技术·····                  | 243 |
| 第十一章 重要政策对粮食生产及区域农业发展的影响·····    | 245 |
| 第一节 粮食安全的概念、研究尺度及方法的概述·····      | 245 |
| 一、粮食安全的研究过程及尺度·····              | 246 |
| 二、粮食安全的研究内容·····                 | 246 |
| 三、粮食安全的研究方法·····                 | 247 |
| 第二节 重大水土保持政策对农业生态和农业发展的影响·····   | 247 |
| 一、研究区域概况·····                    | 248 |
| 二、重大政策对典型区域粮食发展动态的影响·····        | 250 |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 三、典型区农户粮食生产现状及现实潜力·····                        | 257 |
| 第三节 典型区农户粮食安全的因素分析及评价·····                     | 262 |
| 一、典型区农户粮食安全的影响因素分析·····                        | 262 |
| 二、典型区粮食安全评价·····                               | 267 |
| 第四节 结论与建议·····                                 | 271 |
| 一、主要结论·····                                    | 271 |
| 二、政策建议·····                                    | 271 |
| 第十二章 不同类型区粮食生产成本差异对我国粮食安全及黄土高原持续发展的影响<br>····· | 273 |
| 第一节 国家粮食生产格局的形成及演变·····                        | 273 |
| 第二节 不同类型区粮食生产成本研究与粮食生产格局评估·····                | 275 |
| 一、粮食生产成本构成与研究区域·····                           | 275 |
| 二、研究方法·····                                    | 277 |
| 三、粮食生产的成本分析·····                               | 285 |
| 四、当前粮食生产格局评估与建议·····                           | 289 |
| 第三节 我国粮食生产格局的演变对黄土高原持续发展的影响·····               | 291 |
| 一、“以粮为纲”广种薄收的负面影响·····                         | 291 |
| 二、因地种粮、少种多收、粮食基本自给是必然选择·····                   | 292 |
| 第十三章 黄土高原“囤粮寓田”战略与实践·····                      | 295 |
| 第一节 “囤粮寓田”战略的内涵与特征·····                        | 295 |
| 一、粮食安全问题是当前亟待解决的重大战略问题·····                    | 295 |
| 二、实施“囤粮寓田”战略是保障黄土高原粮食安全的战略选择·····              | 296 |
| 第二节 “囤粮寓田”战略可行性分析·····                         | 298 |
| 一、黄土高原旱作产量潜势和可实现旱作产量潜势·····                    | 298 |
| 二、黄土高原水土流失区粮食增产潜力·····                         | 299 |
| 三、黄土高原“囤粮寓田”可行性与粮食生产战略·····                    | 300 |
| 第三节 “囤粮寓田”战略的实践·····                           | 302 |
| 一、北部干旱、半干旱风沙丘陵农牧交错区·····                       | 302 |
| 二、中部半湿润、半干旱塬梁旱作农业区·····                        | 303 |
| 三、南部半湿润高塬沟壑农林复合区·····                          | 308 |
| 四、西部半湿润、半干旱梁状丘陵农林复合区·····                      | 309 |
| 第四节 “囤粮寓田”案例分析·····                            | 311 |
| 一、宁夏隆德县“囤粮寓田”案例，促进了农村脱贫，保障了退耕成果·····           | 311 |
| 二、甘肃定西“囤粮寓田”案例，解决了温饱，实现了脱贫致富·····              | 314 |
| 参考文献·····                                      | 317 |

## 上篇 水土流失治理效应与评价

近年来,国家在黄土高原大规模实施了退耕还林还草工程、坡改梯工程和坝系建设工程等水土流失治理与生态建设工程。随着大量资金投入,黄土高原各省区的生态、经济及社会各方面发生了深刻的变化,区域生态与经济的可持续发展迎来了许多新问题与挑战。例如,不同类型区水土流失治理与生态恢复的标准如何;大规模水土流失治理后给黄土高原带来的生态、经济和社会效益如何计量与评价;20年或50年后区域生态环境演变的方向与环境效应等问题,都是国家及各级地方政府密切关注和需要解决的重大科学问题。作者在国家项目的支持下,通过大规模的实地调研和定位试验研究,分析了50年来黄土高原水土流失治理与黄河泥沙动态变化,提出了黄土高原不同土壤侵蚀类型区未来20年的治理目标及治理的重点区域;建立了黄土高原水土流失水沙效益网络模拟技术体系和水土流失综合治理环境效应评价的指标与模型;揭示了退化草原植被恢复演替过程中化感物质的趋动作用,为国家深度开展黄土高原综合治理以及人为加速自然植被的恢复过程、提高草原质量提供科学依据。



## 第一章 黄土高原水土保持概况

黄土高原是中华民族的发祥地,孕育了灿烂的中华文明,也是中国农业开发最早的地区,至今有 5000 余年的农业史。这块神奇的土地谱写了中华民族光辉灿烂的文明,不仅记载了中华民族几千年的社会经济发展史,也反映了华夏大地一万年生态演变过程,为研究中国自然、社会 and 经济发展演变提供了丰富的信息。

黄土高原地处华北向西北的过渡地带,位于黄河中上游地区。有关黄土高原的空间界定,各家说法不一,具体面积多有出入。总而言之,不外乎两大类划分法:一是历来所指的典型黄土高原;二是 20 世纪 80 年代的黄土高原地区综合考察时,为满足区域和流域社会经济的发展,考虑到开发治理的综合性和空间范围的完整性,中国科学院黄土高原地区综合科学考察队所界定的研究范围——典型黄土高原及其北部毗邻地区,即所谓黄土高原地区。

典型黄土高原,通常是指东起太行山西坡,西至乌鞘岭和日月山东坡,南抵秦岭北麓,北沿长城一线。行政范围大约包括晋、陕、甘、宁、豫、内蒙古和青 7 省(自治区)的 166 个县(市)的全部和 59 个县(市)的一部分或大部分。经 1:100 万地形图量算,面积为 35.85 万  $\text{km}^2$  (杨勤业等,1991)。而黄土高原地区是一个自然地理和社会经济综合体范围,东起太行山,西至日月山,北起阴山,南至秦岭,辖陕、甘、青、宁、内蒙古、晋、豫 7 省(自治区)的全部或大部,共 312 个县(盟、市、区),总面积 62.68 万  $\text{km}^2$ 。

黄土高原是自然和人为两大因素共同作用形成的自然、社会和历史的综合体。在黄土堆积前的晚第三纪的上新世末,黄土高原区仍为准平原,古地形主要有基岩山地沉降盆地、基岩丘陵上升平原、河谷盆地及基岩盆地等类型(杨勤业等,1991)。黄土堆积始于第四纪(距今约 240 万年),新生代以来,本区表现为断块运动,第四纪早期,黄土高原的隆起和黄河现代水系开始形成。作为主体部分的陕北高原表现为中等强度的整体抬升,地形高差变化较小,有利于黄土堆积,黄土地貌发育最为典型。典型黄土高原的形成过程实质上是厚层黄土的堆积过程,而典型区以外的部分则黄土堆积较薄,为黄土与沙地交错分布区。

刘东生等(1985,1964)研究指出,黄土是指以原生堆积未经次生扰动的、无层理的、黄色粉砂质、富含碳酸盐并有大孔隙和垂直劈理的土状沉积物。已经过次生搬运,具有层理和沙砾石层的黄色粉土状沉积物则被称之为黄土状土层,即次生黄土。黄土堆积过程可分为高空粉尘堆积和低空粉尘堆积两种类型,只有在干旱和半干旱荒漠草原、草原或稀疏森林草原环境中堆积的大气粉尘才能变成黄土。通过对现代粉尘过程和黄土—古土壤系列特性对比的研究,进一步明确了黄土高原的形成以风成堆积为主。只有风成堆积才能使同一时代的黄土覆盖在不同高度的地貌上,在平缓的地方可以直接叠加在一起,形成完整而深厚的黄土—古土壤系列(朱显谟等,1992)。

研究证明,黄土的分布几乎都与沙漠、戈壁的分布有密切关系。我国历史上成千次