



黄土高原土壤侵蚀与旱地农业研究进展

黄土高原植被恢复的 生态功能

杜 盛 刘国彬 等 著



科学出版社

黄土高原土壤侵蚀与旱地农业研究进展

黄土高原植被恢复的生态功能

杜 盛 刘国彬 等 著



科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室在黄土高原地区开展植被恢复与生态重建研究工作的部分成果。从植被恢复的特征与理论依据,到典型生态系统在恢复过程中的生产力和养分变化,以及生态系统的功能特征等进行了多角度、多尺度的论述,集成了涉及多种植被类型和环境条件的研究成果,重点阐述了典型植被类型的水土保持功能,个体及群落的蒸腾耗水特性,土壤固碳效应和微生物环境演变,植被恢复对河川径流和区域水环境的影响,封禁恢复草地的生态功能演变,以及水蚀风蚀交错区这一特殊区域的植被恢复。

本书可供生态学、植物学、林学、土壤学、自然地理学、水土保持学等领域的研究生、教师与科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原植被恢复的生态功能/杜盛等著. —北京:科学出版社, 2014. 12

(黄土高原土壤侵蚀与旱地农业研究进展)

ISBN 978-7-03-042827-1

I. ①黄… II. ①杜… III. ①黄土高原-植被-生态恢复-研究 IV. ①Q948.524

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 301341 号

责任编辑:祝 洁 杨向萍 白 丹/责任校对:张怡君

责任印制:肖 兴/封面设计:迷底书装

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

*

2015 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 3 月第一次印刷 印张:23

字数:463 000

定价:150.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

各章节主要作者

- 第1章 黄土高原植被恢复特征
王国梁
- 第2章 黄土高原植被恢复过程中的生产力及养分特征变化
袁志友 焦 峰 黄菊莹 陈莉莉
- 第3章 黄土高原植被恢复的水土保持功能
陈云明 焦菊英 曹 扬
- 第4章 黄土丘陵区森林植被恢复与群落蒸腾耗水
李国庆 张建国 何秋月 杜 盛
- 第5章 半干旱黄土丘陵区河川径流对植被恢复的响应
张晓萍 万 龙 孙艳萍 郭敏杰
- 第6章 半干旱黄土丘陵区植被恢复的土壤固碳效应
许明祥
- 第7章 半干旱黄土丘陵区植被恢复与土壤微生物演变
张 超 薛 蕙 刘国彬
- 第8章 半干旱区封禁恢复草地生态功能演变
程积民 邱莉萍 金晶炜 李 伟 朱仁斌
- 第9章 半干旱水蚀风蚀区典型流域土地适宜性及植被恢复模式
王 力

序

资源合理有效利用和生态环境保护是保障我国西部可持续发展的基础。不合理的人类活动影响环境健康与生态安全,危及人类自身生存和发展。开展土壤侵蚀与水土保持、旱地农业与资源合理利用研究是实现生态文明与社会经济可持续发展的科学途径。

该丛书以黄土高原土壤侵蚀、旱地农业、土壤过程及生态恢复等研究方向为切入点,从土壤侵蚀动力过程与调控、旱地生产力稳定提升的生物-环境调控、水土资源时空过程及其调控、植被恢复的生态功能等方面,反映了实验室基于大量系统的科学研究获得的重要进展和创新成果。

第一,提出了核素示踪测定土壤风蚀速率的方法,阐明了冻融-风蚀、风蚀-水蚀的互作过程,发现了多侵蚀营力复合侵蚀过程机理的叠加效应;揭示了坡面水蚀过程中泥沙分选搬运过程、水土保持措施对流域坡沟系统和受损下垫面侵蚀过程调控机理,深化了流域暴雨-洪水-泥沙搬运过程的数值模拟,拓展了土壤侵蚀研究的深度和广度。

第二,探索了转基因工程、营养调控对提高植物抗逆能力的可行性,揭示了不同抗旱性作物品种的水力学特征及水分平衡策略;建立了兼顾水土资源保持与作物高产高效栽培的理论与技术体系;定量评价了水分优化管理、旱作农田温室气体排放通量及作物产量潜力。

第三,突出了黄土高原土壤水分状况与土地利用结构调整的关联纽带作用,推进了土壤侵蚀与旱地农业的交叉研究;分析了流域水循环对土地利用结构调整、水土保持工程措施的响应特征,定量评价了土壤退化对旱地农业生产力和生态环境的影响,提出了土壤质量改善与水土资源利用效率提升的综合技术措施。

第四,揭示了黄土高原土壤生物,特别是土壤微生物、生物结皮及土壤种子库对植被恢复过程的响应机制及效应;研究了区域植被类型生态固碳的时空变化特征、机制及影响因素,分析了主要植被类型对环境条件的适应性及植被恢复过程中群落生产力和稳定性,定量评价了典型区域主要植被类型的生态服务功能。

该丛书体现了团队的研究成果,特别是国家重点实验室专项经费研究的新进展。每部专著相对独立,但又相互补充,体系完整,资料系统,涉及地学、资源环境科学、农业科学及生态学等诸多领域,是一套在理论上深度、实践上有价值的系列著作。该丛书的出版发行对土壤侵蚀与水土保持、旱地水肥资源优化管理和农业生产力提高、水土资源时空过程与利用、植被恢复与生态建设的研究及实践将会产生积极作用。

该丛书资料丰富,数据可靠,内容翔实,图文并茂,可供地学、生态学、土壤学、植物营养学、农学、水土保持与荒漠化防治等专业的科技人员及高等院校师生参考使用。我相信这套专著的出版,将会有力推动我国土壤侵蚀和旱地农业学科建设与发展。



2014年12月26日

前 言

黄土高原地区东西跨度约 1200km,南北跨度约 920km,从东南向西北降雨量递减,地带性植被也呈现从森林区向森林草原区、草原区、荒漠草原区和荒漠区的变化。黄土高原地区是我国乃至世界上水土流失最严重的区域之一,侵蚀面积比例达 60%~70%。受气候、地质地貌和人类活动等多种因素的影响,该地区的生态环境十分脆弱。多年来,植被恢复一直是遏制水土流失、改善生态环境和保障居民生存条件的重要措施。国家实施“三北”防护林工程、天然林保护工程和退耕还林还草工程等重大生态项目以来,该区域的林草地面积显著增加,土地利用类型结构逐步向生态友好型转变,区域生态环境明显改善。但是,健康的生态系统应该结构合理、功能良好,并具有稳定性和可持续性等特征。在新的历史时期,随着经济社会的发展和全球气候的变化,着眼于生态系统功能对黄土高原地区植被恢复的研究不仅有助于生态环境建设的合理实施,同时也对相关研究领域的理论创新具有重要推动作用。

中国科学院水利部水土保持研究所多年来一直致力于黄土高原地区植被恢复的理论研究和实践探索,以安塞、神木、长武、固原、宜川、子午岭等野外生态站为主要基地,研究站点已辐射到更广泛的区域,气候和地貌类型多样,生态系统也涉及森林、草地、灌丛等不同植被类型。从上世纪八九十年代开始,科研成果快速积累,老一辈科学家在研究基地和设施建设、基础资料丰富、科学问题凝练等各个方面奠定了良好的基础。进入 21 世纪以来,已经取得多项关于植被建设的研究成果,并获得各级奖励。其中,“黄土高原生态环境退化机理与开发治理模式”、“黄土高原中部丘陵区中尺度生态农业建设综合研究”和“黄土高原植被恢复重建的理论与技术研究”等成果分别获得了陕西省和宁夏回族自治区科技进步二等奖;“黄土高原水土保持与生态环境建设关键问题研究”、“芨芨草种群生态特征及在黄土丘陵区综合开发利用技术研究”和“黄土高原西北部丘陵区农牧耦合生态系统模式与技术研究”等成果获得了陕西省科技进步一等奖。此外,每年有大量高水平学术论文在国际知名 SCI 期刊发表。目前,关于植被建设和生态环境相关问题的研究团队正在不断壮大,一批青年科研骨干也迅速成长起来。

黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室植被研究团队以黄土高原为重点研究区域,以各种天然和人工植被类型为研究对象,分别从植被恢复的机理和影响因素、植被个体和群落与环境因子的相互关系、生态系统功能及其对环境的影响、植被恢复对水资源和水环境的影响、全球变化环境下生态系统的变化特征等方面开展系统性、前瞻性的研究,揭示植被与环境相互关系中的关键科学问题,同时

兼顾区域生态安全需求,为生态环境建设的生产实践提供合理规划、布局和技术支撑。

本书是黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室的《黄土高原土壤侵蚀与旱地农业研究进展》丛书之一,是在前人研究的基础上,重点汇集了植被团队成员近年的部分研究成果和相关理论。全书包括9章,基本源于几个重点研究区域的中长期研究资料,包括黄土高原植被恢复特征、黄土高原植被恢复过程中的生产力及养分特征变化、黄土高原植被恢复的水土保持功能、黄土丘陵区森林植被恢复与群落蒸腾耗水、半干旱黄土丘陵区河川径流对植被恢复的响应、半干旱黄土丘陵区植被恢复的土壤固碳效应、半干旱黄土丘陵区植被恢复与土壤微生物演变、半干旱区封禁恢复草地生态功能演变及半干旱水蚀风蚀区典型流域土地适宜性及植被恢复模式。由于黄土高原地域辽阔,气候差异显著,生态类型多样,各部分内容仅从特定的研究区和环境条件的角度进行阐述。

本书是团队全体成员共同劳动的成果,整个编写过程历时一年,经过多次研讨,团队成员分工合作,辛勤劳动,在众多引用文献的基础上归纳和总结,力求将原创的科学精髓呈献给读者。在编写过程中,中国科学院水利部水土保持研究所和西北农林科技大学多位老师和研究生为本书提供资料。其中,李文达、邱甜甜、由政、姚旭为第1章的编写做了大量工作;何秋月、程然然协助进行全书校阅和图表整理,谨此一并致谢。由于时间仓促,作者水平有限,纰漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

最后,我谨代表写作团队全体成员对支持此书顺利完成的许多专家和领导致以衷心感谢,也向书中引用的参考文献作者表示感谢。

杜 盛

2014年12月

目 录

序

前言

第 1 章 黄土高原植被恢复特征	1
1.1 黄土高原植被区域特征	1
1.1.1 黄土高原自然与社会特征	1
1.1.2 黄土高原植被分区格局与植被特征	3
1.2 黄土高原植被恢复重建的理论基础	10
1.2.1 人为设计与自我设计理论	11
1.2.2 基础生态学理论及黄土高原相关研究	11
1.2.3 黄土高原的植被演替	14
1.2.4 适地适树与适地原则	18
1.2.5 适地适林	19
1.3 黄土高原植被恢复重建技术及生态功能研究	19
1.3.1 森林区植被恢复重建技术及生态功能研究	19
1.3.2 森林草原区植被恢复重建技术及生态功能研究	29
1.3.3 草原区植被恢复重建技术及生态功能研究	33
参考文献	37
第 2 章 黄土高原植被恢复过程中的生产力及养分特征变化	42
2.1 几个有关概念及测定方法	42
2.1.1 生物量、生产量、生产力及生产率	42
2.1.2 化学元素、养分、营养与化学计量	46
2.2 黄土高原生态系统的生物量 and 生产力	47
2.2.1 概述	47
2.2.2 生物量及生产力的季节变化	48
2.2.3 生物量及生产力在退耕恢复过程中的变化	51
2.2.4 不同退耕恢复模式下的生物量及生产力	55
2.2.5 地下生物量的垂直分布	60
2.3 黄土高原生态系统退耕恢复过程中的土壤元素地球化学变化	63
2.3.1 概述	63
2.3.2 土壤养分的垂直分布	66

2.3.3 土壤养分的水平分布	67
2.3.4 退耕后植被恢复过程中的土壤养分变化	68
2.3.5 不同恢复模式下的土壤养分变化	79
2.3.6 其他非退耕措施的影响	81
2.3.7 黄土区的微量元素及稀土元素	83
2.3.8 黄土区的稳定同位素和放射性元素	83
2.4 黄土高原生态系统退耕恢复过程中的植物养分变化	84
参考文献	91
第3章 黄土高原植被恢复的水土保持功能	98
3.1 黄土高原水土流失与治理概述	98
3.2 黄土高原植被恢复过程与水土流失演变	102
3.3 黄土高原植被恢复中植被层水土保持作用	105
3.3.1 森林植被的垂直截留作用	106
3.3.2 林下灌木草本层截留量	108
3.3.3 枯枝落叶层的水文作用	110
3.4 黄土高原植被恢复中土壤层水土保持作用	113
3.4.1 林草植被根系的固土作用	113
3.4.2 植物根系对土壤抗冲性的影响	113
3.4.3 植物根系对土壤抗蚀性的影响	114
参考文献	118
第4章 黄土丘陵区森林植被恢复与群落蒸腾耗水	122
4.1 黄土丘陵区主要森林植被类型	122
4.1.1 黄土丘陵区气候特点与森林概况	122
4.1.2 黄土丘陵区森林类型	125
4.2 黄土丘陵森林草原区主要乔灌木的水分生理生态	128
4.2.1 主要乔灌木对水分亏缺的响应机制	128
4.2.2 树干木质部液流对环境因子的响应	132
4.3 黄土丘陵森林草原区典型森林群落的耗水特征	134
4.3.1 群落特征与自然环境概况	134
4.3.2 辽东栎天然次生林蒸腾耗水特征	134
4.3.3 刺槐人工林耗水特征	139
参考文献	142
第5章 半干旱黄土丘陵区河川径流对植被恢复的响应	145
5.1 黄土高原近50年来降雨及极端降雨事件变化	145

5.1.1	多年平均降水量的空间分布	145
5.1.2	降水量年尺度变化趋势及空间分布	147
5.1.3	黄土高原地区四季降水量的变化趋势	149
5.1.4	黄土高原地区汛期降水量的变化趋势	152
5.1.5	黄土高原地区多年平均降水量等值线	154
5.1.6	黄土高原地区不同级别降水量时间重现期的演变	157
5.1.7	黄土高原地区日雨量频率及重现期区域比较	159
5.2	基于 NDVI 的黄土高原近 30 年来植被覆盖时空演变	161
5.2.1	黄土高原地区 NDVI 演变特征分析	161
5.2.2	黄土高原地区植被覆盖度变化特征	167
5.2.3	黄土高原地区植被覆盖度与气候因子关系	174
5.3	黄土丘陵区河川径流变化特征	176
5.3.1	流域径流趋势性变化及其时空分析	177
5.3.2	流域径流频率分析及变化程度时空分布	180
5.4	黄土丘陵区植被恢复模拟及对区域水资源的影响	183
5.4.1	河龙区间植树造林适宜性分析	183
5.4.2	基于 DEM 和专家经验的植被适宜性制图	184
5.4.3	河龙区间区域河川径流响应	189
	参考文献	193
第 6 章	半干旱黄土丘陵区植被恢复的土壤固碳效应	195
6.1	植被恢复方式与土壤固碳	196
6.1.1	不同植被类型下表层土壤有机碳密度	197
6.1.2	不同植被恢复方式的土壤碳增汇效应	198
6.2	土壤有机碳固存的时空特征	199
6.2.1	植被恢复过程中土壤有机碳累积动态	200
6.2.2	植被恢复过程中土壤有机碳剖面分布特征	201
6.2.3	不同地形下植被恢复的土壤固碳效应	203
6.3	土壤有机碳固存的影响因素	204
6.3.1	植被类型对土壤有机碳固存的影响	204
6.3.2	植被恢复年限对土壤有机碳固存的影响	204
6.3.3	地形对土壤有机碳固存的影响	205
6.3.4	不同因素对土壤有机碳固存的影响程度	205
6.4	深层土壤有机碳固存	206
6.4.1	植被恢复过程中深层土壤有机碳累积动态	207
6.4.2	浅层与深层土壤有机碳储量相关性	208

6.4.3 不同植被类型下深层土壤有机碳储量	209
6.4.4 深层土壤有机碳固存的影响因素	210
6.5 土壤有机碳稳定性	212
6.5.1 土壤有机碳稳定机制	212
6.5.2 不同植被类型下土壤剖面有机碳物理组分	213
6.5.3 不同植被类型下土壤剖面轻组有机碳分配比例	216
6.5.4 土壤轻组有机碳剖面分布的影响因素	217
参考文献	219
第7章 半干旱黄土丘陵区植被恢复与土壤微生物演变	222
7.1 根际微生物量、呼吸强度及酶活性	223
7.1.1 不同植被类型根际微生物特征	223
7.1.2 撂荒演替中根际微生物特征	232
7.1.3 几个关键问题	236
7.2 根际微生物群落代谢功能多样性特征	242
7.2.1 微生物群落代谢功能多样性测定方法	242
7.2.2 根际微生物碳源平均吸光值	243
7.2.3 根际微生物对不同类型碳源的利用特性	245
7.2.4 根际微生物碳源利用多样性的主成分分析	246
7.2.5 讨论与小结	247
7.3 根际微生物群落结构特征	248
7.3.1 微生物群落结构测定方法	249
7.3.2 不同植被类型根际微生物群落结构	251
7.3.3 讨论与小结	254
7.4 植被恢复中根际微生物研究趋势及展望	256
7.4.1 从根际生态视角研究植物-微生物-土壤之间的关系,尤其是微生物对植物的影响	257
7.4.2 植被恢复中根系分泌物与有益微生物之间的相互关系	257
7.4.3 基于分子生物学技术的微生物群落结构和功能研究	257
参考文献	258
第8章 半干旱区封禁恢复草地生态功能演变	262
8.1 封禁草地生态系统群落结构、生产力动态及形成过程	262
8.1.1 主要草原植被类型群落结构特征	262
8.1.2 干草原	269
8.1.3 草地生物量动态及其演替过程	269
8.1.4 退化草地自然修复演替过程	270

8.2 封禁草地生态系统植物群落和生产力对扰动的响应	277
8.2.1 草地刈割响应机制	277
8.2.2 草地放牧响应机制	279
8.2.3 草地火烧响应机制	283
8.2.4 草地施肥响应机制	291
8.3 封禁草地生态系统土壤生态功能特征	295
8.3.1 土壤种子库动态	295
8.3.2 土壤养分和生物学特征动态	299
8.3.3 土壤和生态系统碳汇功能	305
8.4 黄土高原恢复草地生态系统利用与可持续管理	311
8.4.1 恢复草地生态系统利用策略	311
8.4.2 恢复草地生态系统可持续管理	312
参考文献	313
第9章 半干旱水蚀风蚀区典型流域土地适宜性及植被恢复模式	318
9.1 水蚀风蚀交错区典型流域土地利用现状	318
9.1.1 研究区概况	318
9.1.2 六道沟流域土地利用现状	319
9.2 水蚀风蚀交错区典型流域水土养分特征	321
9.2.1 土壤养分特征	321
9.2.2 水分特征	325
9.3 水蚀风蚀交错区典型流域土地适宜性评价	327
9.3.1 评价方法	327
9.3.2 评价因子选取及评价单元划分	329
9.3.3 归一化处理	330
9.3.4 权重确定及适宜性等级划分	332
9.3.5 适宜性评价	332
9.4 水蚀风蚀交错区典型流域植被恢复模式	342
9.4.1 六道沟小流域环境背景	342
9.4.2 现状调查	344
9.4.3 流域植被恢复模式	344
参考文献	351

第 1 章 黄土高原植被恢复特征

王国梁

1.1 黄土高原植被区域特征

黄土高原指黄河上中游主要被黄土所覆盖的地区，位于北纬 $33^{\circ}41'$ ~ $41^{\circ}16'$ 、东经 $100^{\circ}52'$ ~ $114^{\circ}33'$ 。西起日月山，东至太行山，南靠秦岭，北抵阴山，面积 $64.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南七省（区）50 余个地（市）。该区既是我国干旱半干旱农牧业发展的典型区域，也是我国最重要的能源与化工基地。要理解黄土高原植被恢复特征，首先需要对黄土高原自然、社会和植被分区格局有整体认识。

1.1.1 黄土高原自然与社会特征

黄土高原地区自然环境差异明显。降水、土壤、植被等特征从东南向西北呈规律性变化。依据地形地貌等自然条件，黄土高原地区可分为黄土丘陵沟壑区、黄土高塬沟壑区、土石山区、黄土阶地区、冲积平原区、风沙区、干旱草原区、高地草原区、林区九个类型区。

1. 地质地貌特征

本区地质构造大致以六盘山至青铜峡一线为界，东西分异明显。西部属西域陆块，东部为华北陆块。黄土高原地区总的地势是西北高、东南低。六盘山以西地区海拔 $2000 \sim 3000 \text{ m}$ ；六盘山以东、吕梁山以西的陇东、陕北、晋西地区为典型的黄土高原，海拔 $1000 \sim 2000 \text{ m}$ ；吕梁山以东、太行山以西的晋中、晋东北地区由一系列的山岭和盆地构成，海拔 $500 \sim 1000 \text{ m}$ ，个别山岭超过 1000 m 。地貌类型有丘陵、高塬、阶地、平原、沙漠、干旱草原、高地草原、土石山地等，其中山区、丘陵区和高塬区占 $2/3$ 以上。东南部主要为黄土丘陵沟壑区和黄土高塬沟壑区，西北部主要为风沙、干旱草原和高地草原区；银川平原、河套平原、汾渭平原地形相对平缓。

2. 气候特征

本区属大陆性季风气候，冬春季受极地干冷气团影响，寒冷干燥多风沙；夏

秋季受西太平洋副热带高压和印度洋低压影响,炎热多暴雨。多年平均降水量为200~700mm,总的趋势是从东南向西北递减。东南部为半湿润区,年降水量600~800mm,年均气温8~14℃,干燥指数1.0~1.5;中部为半干旱区,年降水量400~600mm,年均温4~12℃,干燥指数1.5~2.0;西北部为干旱区,年降水量100~300mm,年均温2~8℃,干燥指数2.0~6.0。本区年降水量分配不均匀,多集中在6~9月汛期,可占全年降水量的60%以上,且多暴雨。

3. 土壤资源

本区大部分被黄土覆盖,是世界上黄土分布最集中、覆盖厚度最大的区域。黄土平均厚度50~100m,最大厚度超过250m。黄土中粉砂含量在45%~75%,因分布地区不同而有差异。黄土具有多孔性,孔径一般在0.5~1.0mm,呈管状,壁上常有白色假菌丝碳酸盐的填充。富含碳酸盐、具有垂直节理性、透水性、遇水易崩解和抗冲抗蚀性弱是黄土的重要特征。本区主要的土壤类型有褐土、黑垆土、栗钙土、棕钙土、灰钙土、灰漠土、黄绵土、风沙土等。

4. 植被资源

植被自东南向西北依次分布着暖温带落叶阔叶林带的南部亚地带和北部亚地带,与温带草原地带的森林草原、典型草原和荒漠草原三个亚地带,此外,还有很小一部分伸入到荒漠地带(李锐等,2008;中国植被编辑委员会,1980)。该地区大部分处于温带森林带向温带草原带过渡的区域,植被区系成分较为复杂,不仅具有自身的区系特征,还包括了临近区系的成分。植被类型和组合较为多样,体现了较为鲜明的过渡地带特征。

5. 水文

黄河流域是黄土高原地区面积最大的流域区,面积约为 $52.27 \times 10^4 \text{ km}^2$,流域年平均降水量478mm,河川天然径流量 $574 \times 10^8 \text{ m}^3$,相当于降水资源量的16%。黄土高原位于黄河中游,其中流经吕梁山以西严重水土流失区的窟野、无定、延、汾、泾、洛、渭七大支流,汇入河口镇-潼关河段,其集水面积为 $31 \times 10^4 \text{ km}^2$,来水量共 $187 \times 10^8 \text{ m}^3$,占黄河年流量的33%。区内东北部海河流域面积为 $5.91 \times 10^4 \text{ km}^2$,西北部内陆闭流区约 $4.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。按照李锐等(2008)的计算方法,区内地表水资源量为 $392.83 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源量为 $263.11 \times 10^8 \text{ m}^3$,土壤有效库容量为 $1785 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源总量为 $2251.03 \times 10^8 \text{ m}^3$,相当于年平均降水量的94.3%。

6. 社会经济概况

黄土高原地区总人口8877.64万人,其中农业人口6786.48万人,占总人口

的76.44%，农业劳动力3219.42万人，人口密度138.3人/km²。受自然条件和社会经济因素影响，黄土高原地区人口分布不均，东部相对稠密，西部相对稀少，平原阶地区密度最大，塬区和丘陵区次之，山区、风沙区密度最小。本区主要工业企业集中于西安、太原、兰州等大中型城市，其他多数地区工业基础薄弱。本区石油产量约占全国的1/4，原煤产量占全国的一半以上。近年来，随着煤炭、石油、天然气的大规模开发，带动了相关产业和地方经济的发展。黄土高原地区以农业经济为主，农业产值中种植业占59.5%，林牧副业仅占40.5%。宁蒙河套平原引黄灌溉历史悠久，汾渭平原是我国小麦、棉花、油料作物的主要产区，农业相对发达。广大丘陵山区水土流失严重，生态环境脆弱，80%以上的耕地经常遭受不同程度的干旱威胁，农业产量低而不稳。黄土高原地区自然灾害频繁，生产力水平低下，加之人口增长过快，黄土高原地区的群众收入低下，人居环境恶劣，生活艰难，是我国贫困人口的主要集中地区，贫困县约占全国贫困县的1/5，也是国家重点扶贫地区之一。

1.1.2 黄土高原植被分区格局与植被特征

1. 全国植被分区

植被区划是根据一定区域内的植被类型及其地理分布规律划分出不同等级的，彼此存在差异，但内部具有一致性的植被类型及其规律性组合的植被地理区。植被区划的基本原则是从植被的三向地带性（纬度地带性、经度地带性和垂直地带性），尤其以水平地带性为主，结合非地带性因素综合考虑区域植被的划分。中国植被编辑委员会（1980）根据不同的植被类型、植物区系、生态因素等区划依据，将我国植被划分为8个植被区域（包括16个植被亚区）、18个植被地带（包括8个植被亚地带）、85个植被区。

2. 黄土高原植被分区

黄土高原地区水土流失严重，自然环境较为恶劣，严重制约了该区域的社会经济发展。植被恢复和建设是黄土高原生态恢复的根本途径，但是植被恢复需要了解当地的自然环境条件，选择适宜的植被类型和组合方式，综合考虑自然和社会各方面因素，进行全面科学的规划。因此，要进行生态恢复的研究和实践，首先要对黄土高原的植被区划有准确的认识。

根据中国植被编辑委员会（1980）对全国植被分区的划分，黄土高原地区分属于暖温带落叶阔叶林地带、温带草原地带和温带荒漠地带三个植被地带。这三个地带呈现从东南到西北依次分布，东南部分的森林地带和相对中部的草原地带占据了黄土高原的绝大部分区域，荒漠地带只占了黄土高原西北的一小部分。具

体分区情况如下。

Ⅲ. 暖温带落叶阔叶林区域

Ⅲ i. 暖温带落叶阔叶林地带

Ⅲ ia. 暖温带北部落叶栎林亚地带

Ⅲ ia—4. 晋陕黄土高原, 栽培植被, 油松, 辽东栎, 槲树林区

Ⅲ ib. 暖温带南部落叶栎林亚地带

Ⅲ ib—4. 晋南, 关中平原山地, 栽培植被, 油松, 栓皮栎, 锐齿
槲栎林区

Ⅵ. 温带草原区域

Ⅵ A. 东部草原亚区域

Ⅵ Ai. 温带草原地带

Ⅵ Aib. 温带南部草原亚地带

Ⅵ Aib—1. 黄土高原中部草原

Ⅵ Aib—2. 黄土高原西部荒漠区

Ⅶ. 温带荒漠区域

Ⅶ B. 东部荒漠亚区域

Ⅶ Bi. 温带半灌木, 灌木荒漠地带

Ⅶ Bi—1. 阿拉善高原化荒漠, 半灌木荒漠区

除了上述分区以外, 很多科研人员根据黄土高原地区降水量、气候、土壤和植被特征对其进行了更为详细的划分。但由于各人采用的指标不同, 在植被分区上有一定的差异。

较早对该区植被做进一步划分的是唐芳明等 (1987), 其依据伯里湿度系数进行划分。该划分兼顾黄土高原地区各省 (区) 的气候、土壤、植被和地貌特征, 自东南到西北划分为乔木林带、灌丛草原带和草原带三个植物地带。第一条线西起日月山, 经临夏、潭县、西吉县至庆阳, 沿子午岭林区和黄龙林区的北边沿到山西蒲县, 再沿吕梁林区往北到平鲁县; 第二条线西起甘肃永登以东, 经兰州、靖远、清水河, 从靖边沿长城到榆林, 至察哈尔右翼中旗。

王义凤 (1991) 则依据黄土高原水热条件对黄土高原植被带进行了更为详细的划分。该划分根据年降水量、生物气温、干燥度、干湿分区、土壤等因素将黄土高原植被从东南向西北依次划分为暖温带森林地带、暖温带森林草原地带、暖温带典型草原地带、暖温带荒漠草原地带、暖温带草原化荒漠地带 5 个植被亚地带。这一划分方法参考的指标较多, 因此能够提供更为详细的各个区域的自然地理情况, 但是其分区单位较低, 只有 5 个亚地带, 没有进行高一级单位的区划, 不能反映黄土高原是森林和草原的过渡区这一重要自然生态现象, 单位层次不够清晰。