

# 黄土高原沟壑区生态环境建设与农业持续发展研究\*

郝明德, 党廷辉

(中国科学院、水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 在黄土高原沟壑区的典型代表地区—王东沟小流域, 根据高原沟壑区水土流失特点, 开展生态环境建设和塬、坡、沟综合治理, 林草覆盖率达 45%, 建成塬面农田防护林体系(占 5%)、沟坡经济林体系(占 15%)、沟谷水土保持防护林体系(占 20%)、草类占 5%, 林草配比合理。塬面以方田林网、道路网络和涝池群构成排蓄体系, 基本作到水不下塬; 平整沟坡土地、增加植被覆盖度, 减少坡面径流, 使水不带沙; 沟谷用柳谷坊群分段拦蓄, 作到泥不出沟。完成农村产业结构的调整, 由历史上以粮食种植业为主的一元结构发展到粮、果、工副三元产业结构阶段, 有 25% 的农民专门从事果业生产、销售及第三产业, 粮食产量 15 年平均 4 170 kg/hm<sup>2</sup>, 处同类地区上等水平; 农民人均纯收入由 1986 年建立试验示范区时的 230 元上升至 2001 年的 2 523 元; 土壤侵蚀模数连续 11 年稳定在 800 t/km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup> 以下, 探索出高原沟壑区人口—资源—环境与经济协调发展的可行方法。

**关键词:** 黄土高原沟壑区; 水土流失治理; 生态环境建设

中图分类号 S181 文献标识码 A 文章编号: 1001-7461(2003)01-0067-04  
万方数据

## Study on Construction of Eco-environment and Agricultural Sustainable Development in Highland and Gully Region on the Loess Plateau

HAO Ming-de, DANG Ting-hui

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

**Abstract:** In the Wangdonggou watershed, a typical area in highland and gully region on the Loess Plateau, harness and eco-environment construction have began according to the character of soil and water loss in yuan, slope, gully landform: by construction drainage and storage system with farmland-forest network, road network, and waterlogged pools, all rainfall could be intercept in highland; by leveling up land, increasing vegetation cover, decreasing the runoff, the runoff beginning could be delayed. The gully region bottom intercepted water and soil by willow check dam part by part and could hold sediment within the gully. Eco-environment construction has been developed: developing farmland shelter-forest system, economic forest system in gully and slope land, and soil and water conservation shelter-forest system in gully area have been set up, and the regions covered the total area by 5%, 15% and 20%, separately. Grass cover was 5%, and forest and grass cover 45% with a reasonable proportion. Rural industrial structure has been adjusted from one-crop farming to multiple structures (food, fruit and industry). 25% local farmers engagl in fruit production, marketing and third industry, the average yield in 15 years was 4 170 kg/hm<sup>2</sup>, which was at upper level among the similar regions, farmer net income per capita was raised from 230 Yuan in 1986 to 2 513 Yuan in 2000, and food output increased by about 4 170 kg/hm<sup>2</sup> per year since 1986, The soil erosion module was below 800 t/(km<sup>2</sup>·a) for 11 years, The method was formed to accelerate the development of population, resources and economy in highland and gully region on the Loess Plateau.

\* 收稿日期 2002-11-10

基金项目 国家“十五”科技攻关项目(2001BA508B18) 国家自然科学基金重大项目(49890330)

作者简介 郝明德(1957-)男 陕西华县人, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤肥力与黄土高原综合治理。

**Key words** highland and gully region on the Loess Plateau ; soil and water loss harness ; co-environment construction

黄土高原沟壑区位于黄土高原中南部,面积约 5.3 万 km<sup>2</sup>,耕地面积 200 万 hm<sup>2</sup> 多,是我国重要的旱作农业区之一,区域内所在县大部分被列入《国家八七扶贫攻坚计划》的贫困县,人民生活长期处于贫困境地,是大面积集中贫困地区之一。农耕地面积过大、垦殖率过高是造成严重水土流失的主要原因。严重的水土流失造成沟壑纵横,坡陡沟深,地形支离破碎,生态系统脆弱,农业生产力低下,生态环境恶化;同时,大量泥沙随水俱下,淤高黄河下游河床,威胁下游人民生命财产安全,成为中华民族心腹之患,是我国乃至世界上闻名的严重水土流失区。黄土高原水土流失治理与生态环境建设是关系到国民经济持续发展和黄河岁岁安澜的重大问题,对于改善区域生态环境,实现农业持续发展具有重要的意义。

## 1 区域水土流失治理的现状

黄土高原沟壑区历史上曾经是植被良好的繁荣富庶之地,是我国农业的发祥地之一。我国劳动人民在很早以前就注意到水土流失问题,并开展了水土流失治理工作<sup>[1]</sup>。

新中国成立以来开展大规模水土流失治理,措施以大搞农田基本建设和植树造林为主,对改善农业生产条件和生态环境起到了一定的作用。20 世纪 80 年代以来,国家开展以流域为单元的黄土高原综合治理,针对黄土高原地区严重的水土流失造成的土地退化、土地产出率低、发展缓慢等问题进行综合试验研究,推行以小流域综合治理为单元的区域综合开发治理模式和土地利用优化模式,使水土流失量减少 50% 以上,提高了系统的整体功能和效益<sup>[2]</sup>。果业迅速发展形成的粮果基地,给农村经济发展带来活力。经过几十年以流域为单元的水土保持治理,部分流域已进入生态系统的良性循环阶段,但未能从全局上根本扭转生态环境日益恶化的局面<sup>[3]</sup>。整个区域的生态环境依然脆弱,农业持续发展与生态环境的矛盾依然严峻。

长武王东沟小流域试验示范区为黄土高原沟壑区,长武县是黄河中游 100 个水土流失重点县之一。长武县历来是粮食生产和林业建设、水土保持综合治理试验示范县,其治理水平居黄土高原前列,是同类型区综合治理的先进样板。本区属暖温带半湿润大陆性季风气候,年日照时数 2 226.5 h,日照百分率 51%,年总辐射量 4 837 J/cm<sup>2</sup>,年平均气温 9.1℃,

塬面  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  活动积温 3 688℃,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温 3 029℃,热量资源供作物一年一熟有余。年降水 578.5 mm,年季节间分配不均,干旱是制约农业生产的主要自然因素。

长武王东沟小流域试验示范区面积 8.3 km<sup>2</sup>,系泾河支流黑河的一级支沟,主沟道 5.03 km,沟壑密度 2.78 km/km<sup>2</sup>,地貌分为塬面和沟壑两大单元,各占 35% 和 65%。从生产利用角度可分为塬、坡、沟三大类型,各占 1/3。土壤属黑垆土,母质是深厚的中壤质马兰黄土,全剖面土质均匀疏松,通透性好,给植物生长提供了有利条件。在黄土高原属人口高密度区,2000 年为 300 人/km<sup>2</sup>,人均耕地面积小,综合发展回旋余地有限。在此基础上持续发展所遇到的问题,涉及人口、资源、环境与发展等方面的矛盾,是其它地区今后可能遇到的问题。

## 2 生态环境建设中存在的问题

### 2.1 生态脆弱、生产力低下

在黄土高原生态脆弱地区,历史上主要靠扩大粮田增加粮食总量,农业生产和农业科学研究一直以追求粮食高产为目标,这是当时社会经济发展和生产水平所决定的。虽然该区人均土地资源占有量较全国平均水平高,但总体质量不高,土地生产力低下,依靠扩大耕地面积来增加粮食总量的潜力很小,常常陷入“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环。20 世纪 80 年代以来,通过投入大量化肥来提高粮食产量,弥补耕地资源不足。肥料高投入或不平衡使用,导致肥料利用效率低,营养元素在土壤深层下淋积存或随径流迁移,进入地下水源和河流,带来肥料资源浪费和潜在的生态环境问题<sup>[7]</sup>。

### 2.2 土壤蓄水性变差

以流域为单元的综合治理,提高区域土地生产力水平,即大幅度提高作物与果业产量,表现为农田耗水量增加,作物耗水层加深,降水入渗深度变浅,引起土壤-植物系统中水循环特征改变。根据长期定位试验监测,高产农田、林地和人工高产草地的土壤水分得不到有效补给,从而导致土壤干燥化。高产农田 1~3 m、林地和人工高产草地深达数十米相对干燥出现干层<sup>[2]</sup>。在土壤深层干燥化条件下,当年降水量成为当年植物生长量的水分供体,土壤失去“土壤水库”的调蓄功能,失去对年际或季节性干旱的调节能力,影响了生产力的稳定性和可持续性,

降低了农业生态系统抗灾减灾能力。

### 2.3 果树面积扩大改变水循环

黄土高原沟壑区是苹果的适生区,20 a 来果树种植面积的迅速扩大,已成为重要的苹果产业基地,成为当地农民收入的主要来源。大面积苹果的种植,不仅增加了黄土高原植被,改变了流域下垫面状况,而且植被增加和果树面积扩大引起水循环的变化,林草植被对水循环的影响,表现为减少径流量和增加蒸腾量。多年生林草植被的蒸散量大于年降水量,其亏缺部分依靠吸取土壤深层水分来补充,其结果是在 1~10 m 深度形成干层,干燥程度随树龄草龄而增强而加深。一方面限制了植物的进一步生长,另一方面完全阻止了水分下渗对地下水的补给,减少地下径流。水资源不足已明显地制约区域的持续发展<sup>[4]</sup>。

长武试验示范区针对黄土高原沟壑区存在着水土流失和生态环境问题,从 1986 年开始以王东沟小流域为单元的综合治理,在全流域实施水土流失治理与生态环境建设工程的各项措施,取得了显著的生态、经济、社会效益<sup>[3]</sup>。

## 3 水土流失治理的主要措施

### 3.1 优化农村产业结构

3.1.1 产业结构调整原则 优化土地利用结构是进行产业结构调整的基础,根据农业生态系统中的各业的结构、功能进行调整,建立了高原沟壑区农村产业结构优化模式,即以粮、果为主导产业发展方向,系统内粮食种植业达到区域潜势产量水平,果业成为农村经济的支柱产业、养殖业仍为动力一副业型,林业为系统提供生态、经济双重效益。深化产业结构调整,首先要优化土地利用结构。果业的比较效益是种植业的 2~5 倍,发展果业是在紧缺的土地资源条件下,提高农民收入的必然选择,使得区域资源得到充分利用,保持农业生产持续发展<sup>[6]</sup>。

3.1.2 产业结构调整向深层次发展 农村产业结构具有多层次性,本地区第一层次为农(种植业)、果、林、牧、副业;第二层次是上述各业的内部结构,如种植业中的各类作物构成;第三层次是各个种类内部的品种质量结构。

3.1.3 剩余劳动力向农村工副业转移 人口增长、产业结构调整带来的农村劳动力季节性富余,由果业发展出现的商品性经济活动增加,引起了剩余劳动力向农村工副业转移。现在平均每户有一个劳动力常年或季节性从事工副业生产,从业种类门类繁

多,主要有技术性劳务输出、果品储藏、长途贩运、家庭手工业和运输等。

### 3.2 不同降水年型粮食综合丰产抗旱技术体系

实施了粮食生产综合丰产技术,主要包括应用高产抗逆的作物新品种、实施量水施肥模式、加强以覆盖为主的农田水分管理等措施,15 a 平均粮食单产 4 170 kg/hm<sup>2</sup>,达到黄土高原地区旱作产量潜势的高实现率<sup>[6]</sup>。

3.2.1 调整作物布局 干旱年份压缩小麦种植面积,扩大大秋和经济作物面积,以秋补夏稳定总产,以经保粮稳定收入

3.2.2 采用不同降水年型肥料优化施用模式 丰水年在稳定磷肥用量基础上增加氮量肥量,常态年采用最佳氮磷用量,干旱年增加磷肥用量,丰水年氮磷比以 3:1 为宜,干旱年碳磷比 1:1 为宜,常态年碳磷比以 2:1 为宜。

3.2.3 休闲期抓好蓄水保墒措施 如麦草覆盖,雨后耙磨,适时播种,保持合理的群体密度。

### 3.3 低产沟坡土地资源全方位高效开发技术体系

3.3.1 修筑沟坡防蚀道路网络 通过沟坡道路建设工程的实施,沟坡道路总长度达到 39.75 km,密度 4.1 km/km<sup>2</sup>,居同类型地区之首。每个沟坡单元都能通行机动车,并且生物工程防蚀措施同步进行,形成沟坡道路防蚀技术体系,提高了沟坡道路的通行能力和利用效率<sup>[8]</sup>。

3.3.2 沟坡生态果园建设 在沟坡地带发展成经济林果带,主要推广果园优质丰产技术,优化品种结构,优化施肥,采用疏花、疏果、人工或蜜蜂授粉,摘叶、转果,铺反光膜,提高果实着色面积、提高外观光洁度。采用秸秆、绿肥和地膜覆盖方法,促进果业生产由粗放型向精细型转变,由产量型向质量型转变。

3.3.3 双效益林分改造 长武试区现有的人工用材林及水保防护林大多为刺槐林,树种单一,且不宜在较陡的阳坡土地生长。在此类型区配置成油松、侧柏,刺槐纯林和油松+侧柏、侧柏+刺槐混交林人工经济植物群落,是陡阳坡植被恢复较好的配置模式。在不同生态环境的刺槐林下,配置成复合人工植物群落,栽植经济植物盾叶薯蓣和黄花菜,具有较好的生态、经济效益。

### 3.4 高原沟壑区水土保持措施体系

3.4.1 塬区 水土保持措施实施以道路为骨架的方田林网,在庭院开辟菜园和种果树、挖渗井,拦蓄和利用院落产流,以村庄道路网为控制系统挖涝池群,排水沟与涝池群相联结,并通过排水沟引入近村

农田,组成排蓄体系。可基本防治塬面村庄非农田硬地面产流,基本作到了 10 a 一遇暴雨(110 mm/d)水不下塬。

3.4.2 沟坡地带 水土保持措施是平整占沟坡面积 46% 的土地,实现沟坡梯田化,在沟坡梯田实现沟坡果园化。在高原沟壑区,道路侵蚀是沟谷系统演化的主要途径之一,沟坡道路防蚀措施依据的原则是:分散拦蓄,就地入渗,缩短径流距离,防止洪流汇集,减少洪流对路面的冲刷。用上拦、下护、分流、路蓄、引排的方法解决了沟坡道路侵蚀问题。

3.4.3 沟谷地带 该部位水土保持措施是以生物固定为主,陡坡地已全部建成水保防护林 198 hm<sup>2</sup>,沟缘线附近营造乔灌草复合植被 5 000 m 余,陡崖之下的泻溜坡采用沙棘、刺槐、杞柳固定。在沟床上游修建串珠式谷坊群 30 余座,中下游打小土坝 5 座,沟滩淤地栽植芦苇 2 hm<sup>2</sup>,除陡崖和石沟槽外,其余皆被乔灌草所覆盖。从塬面、沟坡到沟底各种水土保持措施镶嵌配套、连锁控制水土流失,土壤侵蚀模数连续 11 a 稳定在 800 t/km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup> 以下<sup>[8]</sup>。

## 4 综合措施的实施效果

### 4.1 农村产业结构调整的效果

该区域原是典型的以农为本,历史上种植业主要是粮食,种植业占总收入 80% 以上。通过调整农村产业结构,形成了种植业、果业和农村工副业的三元结构格局。粮食种植业收入占 18% 左右,果业收入占 30% 左右,农村工副业收入占 50% 左右,畜牧业、林业仅占 2%。带来了农村剩余劳动力的合理转移,工副业收入持续增加,增加了农业生态经济系统的稳定性。农民收入大幅度增长,农村经济活力增强。农民人均收入由 1986 年 230 元,增加到 2001 年的 2 523 元,60% 来自非农业<sup>[5]</sup>。

### 4.2 沟坡土地开发成效显著

对在高原沟壑区占总面积 2/3 的沟坡土地实施防蚀道路建设、集约化经营、有限水资源利用、建设

沟坡生态果园、低产林分双效益改造等工程,沟坡土地资源得以高效开发利用,土地景观发生了显著变化。1986 年还是羊肠小道、低产荒芜,每公顷 110 kg 小麦无人承包的荒沟山坡,如今是道路成网、摩托声响、层层果园、满山滴翠,沟坡果园产值平均在 7.5 万元/hm<sup>2</sup> 以上,沟坡土地产值成百倍增长。

### 4.3 水土保持措施效益显著

根据高原沟壑区的水土流失规律,采用水土保持措施优化配置,塬面以方田林网、道路网络和涝池群构成排蓄体系,使水不下塬;坡面乔灌草立体配置,使径流水不带沙;沟底乔灌草配置,设柳谷坊群,生物工程措施配套,使泥不出沟。

### 4.4 生态环境得到明显改善

建成塬面农田防护林体系、沟坡经济体系和沟道用材防护林体系,森林覆盖率由 1986 年 18.2% 上升到 45%,农田防护林占 5%,经济林占 15%,水保林占 20%,草占 5%,各类林草配置合理。使高原沟壑区农业生产与生态环境建设得到协调发展。

### 参考文献:

- [1] 辛树帜,蒋德麟.中国水土保持概论[M].北京:农业出版社,1982.12-37.
- [2] 李玉山,孙俊杰.中美小流域治理和农业的对比研究[J].水土保持通报,1993(1):11-15.
- [3] 李玉山,苏陕民.长武王东沟高效生态经济系统综合研究[M].北京:科学技术文献出版社,1991.1-27.
- [4] 李玉山.旱作高产田产量波动性和土壤干燥化[J].土壤学报,2001(3):353-356.
- [5] 宋桂琴.黄土高原土地资源研究的理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,1996.123-156.
- [6] 郝明德,梁银丽.长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术[M].北京:气象出版社,1998.3-14.
- [7] 樊军,郝明德.长期施肥对黑垆土剖面养分的影响[J].植物营养与肥料学报,2001(3):249-254.
- [8] 郑世清.长武王东沟小流域土壤侵蚀规律与防蚀技术体系研究[A].长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术[C].北京:气象出版社,1998.171-179.