

黄土高原综合治理定位试验示范综合研究

土地资源及生产力研究

中国科学院水利部西北水土保持研究所 主编

科学技术文献出版社

封面设计 邱子渝

责任编辑 余存祖 曾祥渊

ISBN 7-5023-1422-9/S·137

定价：11.00元

黄土高原综合治理定位试验示范综合研究

土地资源及生产力研究

中国科学院
水利部西北水土保持研究所 主编

科学技术文献出版社

内 容 简 介

本书选编了黄土高原地区土地资源利用及提高生产力研究方面的论文共30篇。内容包括黄土高原综合治理定位试验示范成果综述、土地资源及其评价、土地人口承载力、粮田作物生产潜力及增产技术体系、土壤资源与养分循环、土地专题图的编绘与应用和遥感信息技术在土地资源研究中的应用等。全书以定位实验为基础,拥有大量的第一手实测资料,反映了黄土高原土地资源及生产力研究中的最新成果。

本书可供地学、生态、环境和生物学等科学技术工作者和从事水土保持、农林牧业生产与国土整治的专业工作者和有关大专院校师生参考。

土地资源及生产力研究

中国科学院
水 利 部 西北水土保持研究所 主编

科学技术文献出版社出版发行

(北京复兴路15号)

陕西省农业科学院印刷厂印刷

• • •

787×1092毫米 16开本 16.5印张 400千字

1991年1月第1版 1991年1月第1次印刷

印数: 1—1,000册

ISBN 7-5023-1422-9/S·137

定价: 11.00元

目 录

前言.....	(1)
黄土高原综合治理定位试验示范的实践与认识.....	杨文治 余存祖(2)
黄土高原土地资源研究的现状与展望	宋桂琴 李锐(17)
固原县上黄村土地合理利用及人口承载力的优化模型	赵满礼 郭扶国 巨仁(24)
西吉县黄家二岔小流域系统环境容量的研究	齐实 孙立达(32)
固原县上黄村生态经济系统中物能消长的分析研究	巨仁 赵满礼(38)
西吉县黄家二岔小流域土地利用的优化设计	孙保平 赵廷宁 孙立达(44)
土地资源评价方法的实践与探讨 ...	宋桂琴 郭扶国 李领涛 巨仁 李锐 赵满礼(53)
——以宁夏固原县上黄村为例	
黄土高原主要粮食作物高产农艺措施最佳组合方案的研究	张锡梅 梁银丽 韩思明 杨淑婷 高世铭 徐福利 曲继宗(69)
安塞县主要粮食作物的生产力及增产体系	梁银丽 张锡梅 卢宗凡(78)
乾县枣子沟流域旱地小麦的生产潜力及配套栽培技术	韩思明 谢惠民 史俊通 杨春峰(87)
米脂县泉家沟村粮食生产潜力的探讨	贾厚礼 吴存良 曹雄飞(93)
黄土高原主要作物需水规律和抗旱特性的研究	张锡梅(98)
黄土丘陵沟壑区的水土保持与粮食生产.....	黄占斌 张锡梅(105)
黄土高原综合治理试验示范区土壤资源与改良利用	余存祖 段建南 李岗 杨平 刘耀宏 戴鸣钧(110)
乾县枣子沟流域土壤肥力状况与培肥途径.....	李岗 冯立孝 秦树国 马耀华(123)
旱地合理施肥技术与经济效益的分析	彭琳 马耀华 赵更生 杨平 徐福利 兰晓泉(133)
黄土高原旱地施肥的有效条件.....	彭琳 兰晓泉 赵更生 郑剑英 杨平 余存祖(148)
陕北旱地黄绵土施用不同有机物料对土壤有机质的影响	吕殿青 张金水 徐福利(156)
土壤生态系统养分循环与平衡的研究	余存祖 徐福利 兰晓泉 陈乃政 刘耀宏 郑剑英(162)
黄土丘陵区土壤—作物系统中微量元素的循环与平衡	余存祖 戴鸣钧 刘耀宏 彭琳 兰晓泉 赵更生(169)
有机绿肥和无机化肥中的氮素在小麦—土壤系统中的转化与分配.....	张卫 黄建英(176)
土壤水分养分协调与制约的试验研究.....	戴鸣钧 彭琳 余存祖 刘耀宏(183)

黄土高原地区土壤微量元素区域分布与生态影响

..... 余存祖 彭琳 刘耀宏 戴鸣钧 彭祥林 杨平(189)

《综合治理评价图》的编制与应用..... 李锐 巨仁 赵满礼 李领涛 宋桂琴(201)

土地利用现状图的编制与应用评价..... 李壁成 马晓云(211)

遥感技术在离石县王家沟流域水土流失与土地资源调查中的应用..... 卫中平(222)

小流域大比例尺航空遥感土地制图方法的实践与探讨..... 全志杰 毛晓利等(228)

——以黄土高原沟壑区的长武县王东沟为例

土地资源制图中航片和地形图的判读..... 李领涛 巨仁 宋桂琴 李锐(242)

用叶面积仪对 1:10,000 和 1:5,000 的土地专题图面积量算效果 梁文菊等(252)

小流域综合治理现代专题系列图编制方法的探讨..... 马晓云(256)

参加工作的单位、作者和科学研究人员

北京林业大学:

齐 实 孙立达 孙保平 赵廷宁

西北农业大学:

韩思明 谢惠民 史俊通 杨春峰

李 岗 冯立孝 秦树国 马耀华

西北林学院:

全志杰 毛晓利 李元科 程鹏飞

山西大学黄土高原地理研究所:

杨淑婷 李洪建 赵艺学 冯彩萍

段建南 李栓怀 王改兰 张进峰

甘肃省农业科学院:

高世铭 兰晓泉 朱润身

陕西省农业科学院:

徐福利 贾厚礼 吴存良 曹雄飞

吕殿青 张金水 梁文菊 郇绳芬

山西省水土保持研究所:

曲继宗 陈乃政 郭玉记 卫中平

宁夏自治区固原县科委:

赵满礼 郭扶国

中国科学院、水利部西北水土保持研究所:

杨文治 余存祖 宋桂琴 李 锐 巨 仁 李领涛

张锡梅 梁银丽 卢宗凡 黄占斌 杨 平 刘耀宏

戴鸣钧 彭 琳 赵更生 郑剑英 吴瑞俊 张 卫

黄建英 彭祥林 李壁成 马晓云 张 方 杨勤科

Study on land resources and productive power

Contents

Preface	(1)
Practice and understanding of comprehensive control based on experiment and demonstrative sites in the Loess Plateau	Yang Wenzhi Yu Cunzu(2)
The status and prespects of land resources study in the Loess Plateau	Song Guiqin Li Rui(17)
A study of optimized model for rational land use and population load—bearing at Shanghuang Village of Guyuan County	Zhao Manli Guo Fuguo Ju Ren(24)
Study on the environmental human carrying capacity of Huangjiaercha Small Watershed in Xiji County	Qi Shi Sun Lida(32)
An analysis of growth and decline of substance and energy in the eco—economic system at Shanghuang Village of Guyuan County	Ju Ren Zhao Manli(38)
Programming and its optimization design of the land utilization in Huangjiaercha Small Watershed	Sun Baoping Zhao Tingning Sun Lida(44)
Practices and approaces of land evaluation — a case study of Shanghuang village of Guyuan County	Song Guiqin Guo Fuguo Li Lingtao Ju Ren Li Rui Zhang Manli(53)
The study on mathematics model of main crops high yield measures in difference type region of the Loess Plateau	Zhang Ximei Liang Yinli Han Sining Yang Shuting Gao Shiming et al(69)
A study on productivity and increasing yield system of main crops in Ansai County of Shaanxi Province	Liang Yinli Zhang Ximei Lu Zongfan(78)
The study of the arid Land wheat productive potential and the suitable cultivated technique in Zaozi Gully Watershed of Qianxian County	Han Sining Xie Huimin Si Juntong Yang Chunfeng(87)
A primary study of production potential of grain crops at mound shaped hill and gullied region of Loess Plateau	Jia Houli Wu Cunliang Cao Xiongfei(93)
The study on water requirement and drought resistance of several crops	Zhang Ximei(98)
The relation of soil and water conservation and the grain production in the Loess Gullied—hilly Region	Huang Zhanbin Zhang Ximei(105)

Soil resources and its rational utilization in experiment area of Loess Plateau	 Yu Cunzu Duan Jiannan Li Gang Yang Ping Liu Yaohong Dai Mingjun(110)
Condition of soil fertility and approaches for fertilization in Zaozigou Watershed of Qianxian County	 Li Gang Fen Lixiao Qin Shuguo Ma Yaohua(123)
Technique of rational fertilization and its economic efficiency on Rainfed Land	 Peng Lin Ma Yaohua Zhao Gengsheng Yang Ping Xu Fuli Lan Xiaoquan(133)
Condition of efficient fertilization on rainfed Land in the Loess Plateau	 Peng Lin Lan Xiaoquan Zhao Gengsheng Zheng Jianying Yang Ping Yu cunzu(148)
Effect of application of organic substances on cultivated loessial soil organic matter	 Lu Dianqing Zhang Jinlai Xu Fuli(156)
Study on nutrient cycling and balancing in soil ecosystem	 Yu Cunzu Xu Fuli Lan Xiaoquan Chen Naizheng Liu Yaohong Zheng Jianying(162)
Cycle and balance of micronutrient elements in soil—crop ecosystem of Loess Hilly Region	 Yu Cunzu Dai Mingjun Liu Yaohong Peng Lin Lan Xiaoquan Zhao Gengsheng(169)
Transformation and distribution of nitrogen of organic manure and inorganic fertilizer in Wheat—soil system	 Zhang Wei Huang Jianying(176)
Effect of relationship between moisture and nutrients in soil on crops growth	 Dai Mingjun Peng Lin Yu Cunzu Liu Yaohong(183)
Geographical distribution of micronutrients in soil and their effects on eco—environment of Loess Plateau Region	 Yu Cunzu Peng Lin Liu Yaohong Dai Mingjun Peng Xianglin Yang Ping(189)
Drawing up of the map of evaluation comprehensive soil conservation and its application	 Li Rui Ju Ren Zhao Manli Li Lingtao Song Guiqin(201)
Mapping current land use and evaluating its application	 Li Bicheng Ma Xiaoyun(211)
The application of remote sensing for investigation of soil erosion and land resources in Wangjia Gully Watershed, Lishi County of Shanxi Province	 Wei Zhongping(222)
Practice and approach of land mapping for small watershed region using airphoto in large scale —taking Plateau and Ravine of Wangdonggou of Changwu County as example	 Quan Zhijie Mao Xiaoli Li Yuanke Cheng Penfei(228)
A practice of interpreting airphoto and geomographic map in mapping land resources	 Li Lingtao Ju Ren Song Guiqin Li Rui(242)
Application of leaf—area—meter in measuring maps of land at scale of 1 : 10,000 and 1 : 5,000	 Liang Wenju Huan Shengfen(252)
Mapping and use of modern professional series map of small watershed comprehensive measures	 Ma Xiaoyun(256)

前言

“黄土高原综合治理定位试验示范综合研究”(代号 75—04—03—15),即 15 专题,是以“七五”期间国家设立的 11 个试验示范区的研究工作为依托,从全局出发,对重大的带有共同性的科学技术问题进行综合分析研究的一个专题。目的在于提出更具普遍指导性的区域治理技术体系成果,加速黄土高原的治理与开发。15 专题由中国科学院、水利部西北水土保持研究所主持,参加单位有北京林业大学、山西大学、西北农业大学、西北林学院、西北植物研究所、陕西省农业科学院、甘肃省农业科学院、山西省水土保持研究所、内蒙古自治区水利科学研究所及有关县旗站所。本专题开题以来,以合理利用农业自然资源,改善生态环境和提高土地生产力为中心,开展了一系列的试验研究,取得了丰硕的科研资料与成果。为了促进成果的交流与推广,专题组选择了有代表性的论文与图件,分专集陆续出版。其中在 1990 年年底前出版的有:

《黄土高原区域治理技术体系与效益评价专集》(《中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊》,第 10 集,1989 年出版);

《黄土高原试验区土壤侵蚀和综合治理减沙效益研究专集》(《中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊》,第 12 集,1990 年出版);

《农林草地水分研究专集》(《水土保持通报》,1990 年第 6 期);

《黄土高原综合治理试验示范区图集》(1990 年出版);

《土地资源及生产力研究》(即本书,1990 年出版)。

本书汇集了 15 专题在土地资源与承载力、合理利用土地、提高土地生产力的途径与措施,以及遥感制图等土地资源研究方法方面的一些代表性论文。全书体现了 15 专题以定位试验为基础的研究特点,拥有大量的第一手实测资料,具有鲜明的实验性、基础性与机理性。同时,以实验结果为依据,以试验区的实体模型为背景,综合分析治理开发中的一些重大问题,因而又具有较强的应用性与指导性。

“七五”期间所进行的黄土高原定位试验示范研究,无论在工作的广度和深度上,以及在取得的科研资料与成果的数量和质量方面,都超过以往任何一个时期,这里所刊出的成果,也只是其中的一部分。由于参加单位较多,涉及的专业面较广,不少资料还需要进一步综合与提高,一些问题的研究也有待深入,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

本书由中国科学院、水利部西北水土保持研究所主编,15 专题负责人杨文治研究员主持,由余存祖、宋桂琴、李锐、张锡梅、巨仁等同志承担审阅和编辑工作。在编辑过程中,得到中国科学院资源环境局试区办公室、西北水土保持研究所有关研究室以及各试区科研人员的大力支持与协助;另外,贾新美同志清绘了大部分图件,李中魁同志协助校译部分英文摘要,在此一并表示谢意。

编者

1990 年 9 月

黄土高原综合治理定位试验示范 的实践与认识

杨文治 余存祖

提 要

黄土高原综合治理具有重大的经济、生态和战略意义。经过 30 多年的曲折道路,如今这项工作已走上稳步发展的新阶段。“七五”期间建立的 11 个试验示范区,开始把黄土高原作为一个大生态系统去观察研究。许多交叉学科的兴起,遥感信息与计算机技术的应用,扩展了人们的眼界,冲破了原有的一些观念,丰富了黄土高原综合治理的内涵。文中以定位试验示范的研究结果为依据,对黄土高原土地承载力、粮食生产、林草建设的土壤水分条件、环境生态建设和治理效益的综合评价,以及运用新技术增强综合治理的科学性等问题,提出了一些见解。

黄土高原地处我国腹地,是东部经济区向西部经济区过渡的一个中间地带。这一地区的治理与开发及其经济发展,对我国的经济建设,对振兴当地的社会经济,对根治黄河和保证黄淮海平原的安全,以及为华北平原的经济建设形成良好的生态屏障,均会产生深远的影响。同时,黄土高原经济的振兴,对支持国家将经济建设重点向大西北转移的战略布局,也将起到桥梁和先导作用。

但是,在漫长的岁月里,由于违背自然规律,不合理地利用土地资源,滥垦、滥伐,致使黄土高原的生态环境日益恶化,水土流失、风沙、干旱和洪涝等自然灾害纷至沓来,农林牧业的全面衰退,从而陷入“越垦越穷、越穷越垦”的难以解脱的恶性循环之中。随着人口和社会需求的增加,这种趋势有增无减。国务院环境保护委员会 1987 年 5 月发布的《中国自然保护纲要》提出:“严重的水土流失导致黄土高原地区灾害多,生产力低,人民生活贫困。这种情况亟待采取措施加以扭转”。

联合国教科文组织 1989 年 10 月在加拿大国际研讨会拟定的《关于 21 世纪生存的温哥华宣言》中提出:“地球的生存已成为人们所关心的一个重要而紧迫的问题。目前的形势要求各个领域——科学、文化、经济和政治领域采取紧急措施,并引起全人类的关注。我们应和地球上的全体居民同心协力对付我们的共同敌人,即一切威胁我们环境平衡或损害我们留给后代之遗产的行为”。从这个意义上讲,加强黄土高原的综合治理,控制水土流失,合理利用与保护农业自然资源,也是全球保护生态环境和人类自身生存条件的重要组成部分,是事关子孙后代生存的大事。

面对黄土高原所处的重要经济地位和生态破坏所带来的严重后果,“六五”期间,在黄土高原以小流域为单元的流域治理,受到许多领导机关和科研业务部门的重视。通过治理试验,工作都有新的进展。但是,从总体上讲,一些先进典型以及成功的技术成果,未能在较大面积上推广应用,治理速度仍较缓慢,土壤侵蚀未能有效控制,还有许多科学技术问题和生

产实际问题,有待进一步解决;要使科学技术成果尽快转化为社会生产力,还有许多工作要做。为此,在“七五”期间,国家决定将“黄土高原综合治理”列为重点科技课题。根据国家重点科技项目的总体部署,在“黄土高原综合治理”这个课题中,设置了 11 个试验示范区,开展试验研究,以期总结出适合于不同类型区的综合治理技术体系和经验。与此同时,还设置了综合性研究专题“黄土高原综合治理定位试验示范综合研究”(75—04—03—15),简称 15 专题。15 专题是以各试区的工作为依托,以小流域定位试验为基础,紧密围绕解决黄土高原水土流失、干旱、土壤瘠薄和生态经济失调等问题,从全局出发,把试验研究中重大的带共同性的问题集中起来,进行综合治理分析研究,提出更具普遍意义的成果,以促进黄土高原的治理与开发,并为制定综合治理开发的战略目标和总体部署提供科学依据。

根据科技合同的规定,15 专题分解为八个子课题,就其研究内容可归纳为两大目标,即建立区域治理综合技术体系与对各试区治理进行动态分析与效益评价。五年来,在 11 个试验示范区进行大量试验示范工作的同时,15 专题围绕上述两大目标开展了综合性的试验研究工作。在试区治理初期与末期,进行了两次航空遥感监测摄影,完成了试区社会经济及资源调查,编绘包括试区航摄图、土地类型图、土地利用现状图、土地资源评价图、土壤侵蚀类型和强度分区图以及综合治理评价分级图等 6 种图件共 60 余幅;同时还进行了综合性研究所必需的土壤、侵蚀、气象和农林草地水分等野外基础性研究观测,开展了粮田生产力及增产技术体系、土壤施肥培肥等必要的田间试验,并研究制定了试区综合治理评价指标体系等。

通过上述试验研究,取得了一批有意义的成果,积累了丰富的基础性资料。五年来,科学实验的实践证明,黄土高原综合治理定位试验示范对黄土高原的治理与开发已经发挥了,并正在发挥着明显的促进作用。同时还证明,国家“七五”期间把黄土高原综合治理”列为重点科技课题,是一项极富远见的战略决策。

由于生态破坏带来的严重后果,致使黄土高原沦为我国生产落后、经济贫困的地区。在被列为全国的贫困县中,黄土高原就占了一半左右。因此,人们常常把黄土高原视为影响我国国民经济建设腾飞的沉重负担。事实上,多年来黄土高原也确实在某种程度上拖了国家建设的后腿。就拿粮食问题来说。据调查^[1],黄土高原地区 1985 年购入粮食为 41.784 亿公斤,售出粮食为 57.378 亿公斤,尚缺 15.594 亿公斤,需从区外购入。那末,黄土高原生态环境恶化、经济贫困和生产落后的局面,是不是就已到了难以逆转,无法解决的程度呢?五年来,黄土高原综合治理定位试验示范的科学实践证明,只要严格遵循自然规律,理顺纷繁的矛盾,黄土高原在生态、生产和经济上存在的问题,在很大程度上是会得到缓和和解决的。过去,黄土高原曾孕育了中华民族灿烂的古文化,而今勤劳智慧的广大劳动群众,通过自己的努力,必将创造出更加美好的未来,使黄土高原在祖国的社会主义建设中起到更加重要的作用,作出更大贡献。本文根据五年来黄土高原综合治理定位试验示范的科学实践,仅就如下若干基本问题,谈谈我们的认识

一、黄土高原的土地资源承载能力

关于土地资源承载能力的内涵可理解为,在一定的科学技术、生产水平以及与其相适应

的社会经济条件下,达到一定生活水准时,在合理开发土地资源生产潜力的基础上,在未来不同时间尺度内所持续供养的人口数量。基于这样的认识,黄土高原不同类型区土地资源的生产能力是否能满足未来人口对粮食和农产品的需求呢?这是黄土高原综合治理定位研究应该做出回答的一个极为重要的问题。

长期以来,黄土高原由于人口数量的迅猛增长,加剧了生态破坏的进程,因而导致水土流失、土地退化和生态环境恶化等一系列生态问题,人口、粮食、资源与环境间的矛盾日益尖锐。因此,以小流域作为一个生态系统单元,通过综合治理逐步走上良性循环的轨道,探索当一个小流域生态建设达到一定阶段时,在未来一定时间尺度下所能供养的人口数量,对黄土高原综合治理的宏观决策有着重要的参考价值。

一个地区的土地资源承载能力,是包括人口、资源和环境在内的复杂的系统。在这个系统中,既有自然因素的影响,又有社会经济因素的制约。为了阐明黄土高原不同类型区资源组合方式和生产能力,探讨土地资源优化利用的途径和措施,从而估算出未来一定时间尺度下土地资源的承载能力。现以西吉试区对黄家二岔小流域系统的环境容量研究⁽²⁾与固原试区对上黄村土地人口承载能力的研究⁽³⁾为例,对黄土高原土地资源承载能力加以分析。

西吉试区在进行黄家二岔小流域系统的环境容量研究中,以小流域系统作为一个自然、社会和经济的复合体。人口和环境、人口和资源以及人口和经济发展等因素之间存在着动态平衡关系。这些关系协调与否,决定着系统能否稳定发展,而它又是小流域系统能否供养一定数量人口的保证。西吉试区所进行的环境容量研究,系指包括土地、水、气候和生物资源在内的农业自然资源的承载能力,或土地资源的承载能力。

在研究方法上,西吉试区采用综合平衡方法,即考虑人口、资源、环境及经济发展之间的各种平衡关系,如农林牧用地平衡、水资源与土地资源平衡、土地的生产能力与人口需求平衡、人口需求与生态需求平衡,等等,从而确定小流域系统的环境容量,即土地资源的承载能力。具体采用线性规划方法,以各种平衡为约束条件,以环境容量为目标函数,通过分析,在综合平衡基础上,得出了2000年小流域的环境容量。

研究结果表明,在人口消费水平分别为每人平均粮食450kg,生物能源839.5kg和年价值消费(即现金)300元的情况下,黄家二岔小流域的环境人口容量为770人,即每平方公里135人。这个环境容量大于按流域人口自然增长率计算的人口数量(707人,每平方公里124人)。这说明,小流域综合治理是提高环境容量的有效途径。

固原试区在进行土地人口承载能力的研究时,在综合分析土地资源状况、土地潜在生产力和确定潜力参数的基础上,考虑到消费水平的高低,将直接影响到土地承载力的大小,按照单个人口对粮食、油料、燃料和木材的年平均消费水平,分别为250kg、16.5kg、925kg和0.02m³;同时还规定了单个畜禽对饲料、饲草的年平均消费水平,如牛、驴、骡马和猪对饲料的消费水平分别为125kg、100kg、225kg、180kg;对饲草的消费水平分别为2,180kg、1,500kg、2,425kg、500kg;羊鸡兔的饲料、饲草消费水平分别为7.5kg、3.6kg、2.5kg和500kg、36kg、36kg。这一消费水平虽然并不高,但相对来说,在当地仍可代表相对“富裕”的群众生活水平。

在对系统的产出与消费平衡、畜禽与饲草、饲料平衡和用地与养地平衡进行分析的基础上,应用规定的潜力参数和消费水平的数据,建立线性规划模型。

通过运算,获得固原试区上黄村在人口保持现实消费水平和发挥土地生产潜力的情况

下,最大土地承载力为 1,210 人,即 80 人/ km^2 (上黄村 1989 年人口密度为 77 人/ km^2)。研究结果证明,只有在改变辅助燃料输入时,人口才可适当增加;而改变其他约束条件,承载能力都不能增加。所以,在某种意义上来说,80 人/ km^2 是一个警戒线,越过此线意味着人与自然将失去平衡。虽然藉由外界给系统输入燃料可提高土地承载力,但却存在着严重隐患。

从上述两个试区关于土地资源承载能力的研究结果可以看出,预测 2000 年的土地资源承载能力,已大大高出联合国环境署提出的关于半干旱地区最大土地承载力为 24 人/ km^2 的界限。再从这两个试区在进行土地资源承载能力预测来看,所规定的消费水平,都还够不上富裕的标准。我们知道,西吉和固原在生产、生态上存在的问题,既有其特殊性,又具有黄土高原的共性,即生态失调和经济贫困。就黄土高原一些地区的现实人口密度来看,米脂 177 人/ km^2 ;长武已达 275 人/ km^2 ,甘肃的秦安已超过每平方公里 300 人。虽然黄土高原有的地区生物气候条件上优于西吉和固原,但严格控制人口增长,提高粮食单产,缓解供需矛盾,并在现有基础上进一步提高和改善当地群众的经济状况,仍是一个十分关键的环节。

二、黄土高原的粮食究竟能否实现区域性自给? 出路在哪里?

“民以食为天”。粮食是人类赖以生存的物质基础。据报道,目前第三世界国家的居民摄取热量的 80% 以上,蛋白质的 70% 以上,都来自粮食。粮食生产也是我国农村,尤其是黄土高原规模最大的产业。黄土高原地区现有人口 8,000 多万,耕地 2.86 亿亩,而长期以来,由于水土流失、干旱等自然灾害,加之生产经营粗放,土壤贫瘠,粮食生产广种薄收,不能自给,需依赖外援补给。但是从黄土高原的实际出发,解决粮食问题的根本出路,依然是依靠自身的力量,充分发挥粮田增产潜势,提高粮食产量。很难设想,偌大黄土高原的粮食问题,要依靠外援解决,这不啻为“杯水车薪”,难以从根本上解决问题。

事实证明,提高黄土高原的粮食生产,乃是进行综合治理的基础。“无粮不稳”,“无粮则乱”,这已为无数历史事实所证实。那末,黄土高原粮食产量的提高依靠什么呢? 不外扩大耕地和提高单产两种途径。多年来,靠毁林毁草扩大耕地,已经招致许多严重的生态后果,使当地居民饱受其害,所以靠扩大耕地来提高粮食产量是不可取的。因此,最根本的出路在于提高粮食单产。那末,提高粮食单产的可能性究竟如何? 这就要求我们对粮田增产潜势进行分析,做出科学的回答。

研究表明^{[4][5][6]},在自然因素中对作物生产力影响最大的是气候。竺可桢曾经指出(1965),气候影响作物生产力最基本因素有太阳辐射总量、温度和雨量,即光热和水分。黄土高原地域辽阔,气候类型多样,作物生产力地区间也不尽相同。依据联合国粮农组织(FAO)提出的作物最大生产力测算法^[7],对固原、定西、离石、河曲、米脂、安塞和乾县等七个试区的主要作物进行了估算^[8]。估算结果表明,作物最大生产潜力(Y_{mp})以玉米最高,其次为谷子、糜子和马铃薯,小麦最低;各种作物的光能利用率($E\%$)也大体符合上述顺序。从 1949—1985 年七个试区作物平均产量($\bar{X}$)和最高产量(Y_{max})与作物最大生产潜力(Y_{mp})的关系分析,发现各作物最大生产力距 Y_{mp} 相差较远。例如玉米的现实最高亩产(Y_{max})为 115—365kg,为作物最大生产潜力(Y_{mp})的 23.5—57.4%,因此,作物生产还有很大的增产潜力。

根据对黄土高原若干作物高产典型分析,春小麦的实际产量可达 Y_{mp} 的 89.7%,冬小麦为 Y_{mp} 的 84.0%,谷子为 Y_{mp} 的 77.6%,糜子为 Y_{mp} 的 50%。这说明,当前黄土高原的一些高产田块已达到或接近 Y_{mp} 水平;个别年份和田块,还超出一般年份的估算值。

地处高原沟壑区的长武试区,对旱作农业区域作物生产潜势进行了研究^[9]。研究结果表明,若以多年旱作水分潜势产量的平均值为该地区的旱作水分产量潜势,则据 1985—1990 年的试验结果,试区塬地每亩小麦生产潜势为 358.6kg,潜势系数为 0.93;塬地每亩玉米生产潜势为 505kg,潜势系数为 0.89。1981—1987 年大田平均亩产量,小麦为 155.2kg,玉米为 209kg,与潜势产量相比,说明具有增产 1 倍以上的可能性。事实上,该试区 1988—1989 年小麦与玉米的平均产量,已经逼近或达到平均潜势的产量水平。

根据上述对各试区粮食生产潜势的分析可以看出,通过提高粮食单位面积产量,解决黄土高原粮食问题是完全有可能的。

黄土高原土地类型复杂多样,水热条件在经向上和纬向上的分异都很明显。同时在不同类型区内,农业生产技术水平高低不等:有的地区具有灌溉之利,有的地区则为旱作农区;有的地区土层深厚,地力上乘;有的地区土壤瘠薄,产量低下;有些地区一向为商品粮基地,而另一些地区目前粮食尚不能自给。因此,在这种情况下,在不同类型区提高产量的途径和措施,必然在共性下有其特殊性。

从当前粮食生产的情况看,各地悬殊很大。因此,重视中低产农田的改造,使之逐步接近或达到粮食生产的潜势产量,使高产农田向更高的产量水平迈进。实现粮食均衡增产,是提高粮食产量的重要途径。

黄土高原有 2.86 亿亩耕地,其中中低产农田有 2.10 亿亩,占 73.6%。区内中低产农田的土壤本身并无障碍性“病因”。干旱缺水是个很大的限产因子,旱作农田的土壤水分利用率不高的情况却普遍存在。据调查,西部地区 0—200cm 土层,剩余有效水储量为 156.1mm,每亩水分增产潜势尚有 50—100kg;东部地区土层剩余有效水 109.2mm,每亩尚有 50—80kg 的水分增产潜力。从限制粮食生产的主导因素分析,以水分条件为主的气候因素,是造成作物生产力年际差别和波动的主要因子,而以肥力条件为主的土壤因素,则是限制作物生产力提高的关键因素。因此,改土培肥、坡地修梯田,乃是当前黄土高原改造中低产农田,促进作物生产力逼近或达到潜势产量的中心环节。定位试验为这一论点提供了佐证。地处高原沟壑区的长武试区,连续 5 年的水肥效应试验结果^[9]表明,在现行农作制下,限制产量增长的主导因素是肥而不是水。长武试区年平均降水量 584mm,对潜势产量来讲,旱作农田平均水分亏缺率为 8%,变幅为 0—24%;而农田养分亏缺平均为 44%,变幅为 26—56%;增加水分的平均增产率为 8.7%,而增加养分的平均增产率为 78.5%。又据地处宁南黄土丘陵区的固原试区的试验结果^[10],固原的年平均降水量为 472mm,在低肥条件下,每增加 1mm 水可生产粮食 0.32kg;而在高肥条件下,可生产 0.66kg。高肥水平的农田,以较低的耗水量生产了较多的粮食。

在土壤培肥增产方面,各试区大都提出了增施化肥的问题。据 1985 年调查结果,按化肥有效成分计算,宁南黄土丘陵区每亩投肥为 0.8—0.9kg,陕北为 2.5kg,渭北为 3.5kg,而全国平均投肥水平为 13.9kg,相差悬殊。因此,在黄土高原增加化肥投入,是迅速提高粮食单产的一项具有战略意义的措施。目前,黄土高原地区的化肥氮占总投入氮(化肥+有机肥)的 68.8%,化肥磷占总投入磷的 60.4%,化肥钾占总投入钾的 6.7%。现实情况已是氮

磷靠化肥,钾靠有机肥。化肥效益高,投产比可达1:3—10。目前,化肥用量较低,特别是丘陵区与旱塬区,平均用量只为最佳用量的1/3左右。因此,在目前粮食供需矛盾较大,有机肥又严重不足的情况下,大力增加化肥投入是必要的。

但是,大量试验表明,决定产量等级的是地力基础。在一定的地力基础与雨量水平下,化肥增产有一定的限度。因此,为了节约使用能源,保持肥料的高效益,不能把长期连续增施化肥作为中低产农田达高产的根本性措施,还应配合增施有机肥与耕作熟化措施,不断提高农田的基础肥力。增加有机肥的现实可行途径,是丘陵区实行部分草粮轮作,塬区部分实行豆粮轮作,阶台地大力推行秸秆还田。

另外,提高粮食产量不仅要增加物质投入,还必须强调基本农业技术措施的贯彻。为此,在黄土高原综合治理定位试验示范中,对不同类型区主要作物生产的农艺措施最佳组合方案进行了试验研究。试验结果证明了基本农业技术措施在增产中的作用,如陕北丘陵区对谷子产量影响大小的因素次序为:播期>施氮量>施磷量>施有机肥量>密度;晋西北对糜子产量的影响因素也以播期为第一位,马铃薯则以密度为第一位。黄土高原地区耕作粗放,管理落后,在贯彻基本农业技术增加产量方面,尚有很大潜力可挖。根据试验结果,提出了冬春小麦、谷子、糜子、玉米和马铃薯等作物的高产农艺措施最佳组合方案,已直接应用于生产,并显示了明显的增产效果。

上面我们分析了黄土高原主要作物的生产潜势及实现潜势产量的农艺措施,那末黄土高原的粮食生产究竟能否实现区域性自给呢?黄土高原综合治理定位试验示范的11个试区的试验结果表明,只要坚持因地制宜地进行科学治理,同时保证一定的投入(包括资金投入、劳力投入和物质投入),在按计划控制人口的条件下,即使在生物气候条件比较严酷的情况下,粮食亩产和每人平均占有粮食的水平也均有所提高。因此,实现区域性的粮食自给,即每人平均粮食400kg以上,是完全有可能的。如11个试区经过全面的强化治理,1985年到1989年的四年间,粮食亩产从103kg提高到182kg,提高了77.5%;每人平均产粮由353kg提高到551kg,提高了56.1%,就是鲜明的例证。

这里需要指出的是,所谓区域性的粮食自给,不是指粮食生产每年都必须自给,而是把4—5年作为一个生产周期;也不是指每个县或乡都必须自给,而是指粮食生产的区域性自给,即在一个生产周期中以丰补歉,一个区域中以盈补亏和近距离的调节。固原试区根据固原县粮食自给状况,将全县划分为四种类型,即自给有余、基本自给、自给不稳定和不能自给。若黄土高原地区287个县都根据各地粮食生产情况,将本县粮食生产的自给状况也划分出若干不同的类型,这对整个黄土高原有计划地调节粮食的供需矛盾,实现粮食的区域性自给,将会发挥良好作用。

三、黄土高原的土壤水分条件与林草建设

新中国成立之后,在黄土高原进行了大规模的以防治水土流失为目的的林业建设。但是在不少地区由于缺少合理规划,对人工造林的生态适应性缺乏科学分析,造林工程的失败事例,屡见不鲜。这不仅使水土保持林业措施难以收到预期功效,而且还造成很大的经济损失。那末,在黄土高原如此辽阔的土地上,乔灌木种的地域适应性如何?其对土壤水分生态环境

会带来哪些影响,以及采取何种对策?这些都是进行林业建设时需要作出回答的科学问题。

通过黄土高原综合治理定位试验,着重研究了不同类型区的土壤水分条件与人工林草地生产力形成的关系;研究了刺槐、油松、柠条、沙棘、沙打旺和紫花苜蓿等人工林草地的水分利用,净地上初级生产量和对土壤水分环境的影响,其详细内容将另文报道。本文仅就“小老树”成因、土壤干层及其危害的缓解对策与人工造林的土壤水分生态分区加以讨论。

(一)“小老树”的成因。黄土高原的“小老树”问题,实际上是人工林中的低产林问题。据调查,山西的右玉、五寨,陕北的延安以北地区,都存在大量的“小老树”,主要树种为小叶杨,以及其它各种杨树、刺槐和少量旱柳。这些“小老树”生长 20 余年,树高一般只有 4—6m,直径 8cm 左右,心腐病严重,难以成材,生态经济效益甚低。在“小老树”集中分布的地区,降水量一般小于 550mm,其南界大致与暖温带落叶阔叶林带的北界相接近。在地形部位上,多分布于梁峁顶部、沟坡上部以及风口处等部位。据调查,峁顶正处于地形最高部位,风力大,蒸发强烈,土层水分储量明显降低;而沟坡上部,由于降水再分配的影响,就整个坡面来说,也是土层水分储量最低的部位。因此,这些地形部位已不适宜于乔木生长。可见“小老树”主要是由于违背了适地适树的原则造成的。再是土壤肥力低下,也影响着林木的正常生长。据调查,山西右玉、五寨,陕北长城沿线的“小老树”,多分布于风沙土、绵沙土上,土壤肥力水平很低,尽管土壤水分含量为 13—15%,并不算低,但由于肥力不足,限制了水分利用,影响了林木的正常生长发育。因此,在林业建设中采取适地适树种植和合理密度,是防止“小老树”形成的重要关键。

(二)土壤干层的危害以及缓解对策^[12]。土壤干层,是黄土高原半干旱和半湿润环境下存在着的一种特殊的土壤水文现象。近年来,由于陕北半干旱区飞播沙打旺,6—7 年生沙打旺草地的强烈耗水层达到 8m 左右,土壤水分出现负补偿状况。于是关于干层这一土壤水文现象引起了各方面的关注。人们对黄土高原进行林草建设,恢复植被,改善生态环境能否成功产生了种种疑虑,甚至以此作为否定水土保持林草措施的依据。

根据调查研究和定位试验结果发现,在黄土高原半湿润和半干旱地区,土体中的干层存在着两种形成机制:一是由于植物根系吸水,土壤水分大量蒸散丢失形成的干层,可称为“蒸散型干层”;再是由于大气干旱与水势梯度双重作用下,通过土壤水分强烈丢失形成的干层,可称为“蒸发型干层”。土壤干层具有相对稳定性,其湿度范围规定为:上限 $\leq$ 土壤稳定湿度,或毛管联系破裂湿度;下限 $\leq$ 凋萎湿度。在半干旱和半湿润条件下,多年生牧草地和天然梢林与人工林地,均存在着“蒸散型干层”,而“蒸发型干层”^[13,15]只在半干旱条件下存在。

区内土壤干层的存在,确实对林草建设带来了不利影响。但是调查研究与定位试验结果表明,这种不利影响在很大程度上是可以克服的,因此它不能成为否定水土保持林草建设的依据。

在地处半湿润地区的子午岭林区的研究表明^[14],当林木处于幼龄或衰老阶段时,如 10—15 龄山杨林、白桦林,稀疏的 40—50 龄辽东栎—白桦混交林,其总耗水量近于或略小于降水量,深层储水很少利用或有所恢复,这时土壤比较湿润,不存在干层。再是在森林砍伐基地上,蒸散量减少了 40%,雨季降水入渗显著增强,土壤湿度迅速恢复。

这一研究结果给我们以启示,就是在半湿润地区实施人工造林,幼林不会形成干层,其生理需水可得到保证。但在林木生长旺期要采取措施加强抚育,注意栽植密度,有计划地进行间伐或更新,以利土壤水分生态环境的改善,可缓解土壤干层对林木生长的不利影响。