

黄土高原水土保持定位研究新进展

李玉山

(中国科学院、水利部水土保持研究所, 咸阳 712100)

[摘要] “七五”以来,黄土高原水土保持研究取得了重大进展。所建立的小流域农业高效生态经济系统,通过系统内外能量强化投入和土地利用结构优化,实现了泥沙流失量大幅度减少,粮食超常增长和农民收入成倍增加的新局面。这些研究还取得若干重要科学结论:(1)黄土高原粮食生产有可能在短期内实现大幅度超常增长,实现粮食自给有余。构成当前粮食产量提高的主导因素是养分。首要措施是成倍增加以化肥为主的养分投入。(2)苹果经济林成为黄土高原的新兴产业,表明林草植被建设进入到生态、经济效益同步实现的新阶段。植被建设要严格遵循生态规律性。(3)人类活动对植被大规模的破坏和垦荒是加速现代土壤侵蚀和增加入黄泥沙的主要因素。

[关键词] 黄土高原, 水土保持

黄土高原水土保持和农业持续发展在我国经济发展格局中占有重要地位。一方面,黄河穿越其间,每年携带16亿吨泥沙,淤积下游河床,造成洪水危害,危及人民财产安全;同时,由于高原本身严重水土流失,造成土地退化,生产低下,人民贫困,经济发展迟缓,成为国家重点扶贫地区。另一方面,黄土高原土地资源、矿产资源和能源都十分丰富,煤炭储量占全国储量的70%,而大型能源基地又多分布在长城沿线水蚀风蚀交错带,生态环境异常脆弱的地区。现代化能源基地呼唤良性生态环境和现代农业的支撑。黄土高原生态环境的改善和农业发展的核心问题,是控制大范围、高强度、占全球首位的水土流失。自建国以来,黄土高原水土保持的治理和科研工作从未间断。“七五”期间,国家在黄土高原建立了11个试验示范区,“八五”以来,国家进一步把水土保持、治理开发、农业持续发展、生态环境演变、黄河水沙运行等列入重点科技攻关计划和自然科学基金重大项目,组织庞大队伍,进行空前规模的系统研究,包括基础研究、应用研究和示范推广研究,包括面上宏观战略研究和微观定位试验示范研究等。研究成果获国家科技进步奖一等奖和中国科学院自然科学奖一等奖等多项奖励。

1 在水土保持实践和农村经济发展方面

(1)建立了良性、高效生态经济系统,系统生产力大幅度提高。“七五”、“八五”以来,在陕、甘、宁、晋、蒙五省区设立了11个试验示范区进行定位研究。每个试区均以小流域为单元,以提高系统生产力和减少水土流失为目标,运用现代科学技术,如采用线性规划、仿

本文于1996年10月25日收到。

真设计及优化栽培专家系统等,建立了良性、高效的生态经济系统,取得了巨大的生态和经济效益,在当地起到了强大的示范作用。在试区内,通过土地利用结构优化,系统内外能量和技术的强化投入,水土流失得到有效控制,农民开始脱贫致富,二者并能同步实现。11个试区内的农、林、草结构从1986年的1:1.2:1.5,改造为1990的1:1.43:1.37,林地面积从占土地的18%增加到24%,继而于1995年增加到34%。水保工程的实施,使试区内泥沙流失量“七五”末较始期减少62%，“八五”末又递减39%；而农民人均收入由218元上升到“七五”末的703元，“八五”末又上升到1336元,增长5倍。

(2) 短期内实现了粮食产量超常速、大幅度增长。“七五”期间,根据旱地植物-水分-养分关系、优化施肥和栽培模式的研究成果,在试区内推广旱地农业成套技术,使粮食亩产从114 kg提高到185 kg,增产77%,年递增率为12.2%,远高于所代表类型区年递增2%—3%的速度。人均粮食增加到485 kg。“八五”期间虽遇三年干旱,人均粮食仍达551 kg。黄土高原旱作粮食生产和科技水平,与在国际上同类型区相比也处于先进水平。

(3) 果品新兴产业的形成给黄土高原农村经济注入了新的活力。高原气候和深厚黄土构成的生态条件,给果树特别是苹果树生长创造了适生条件。近十余年,试区内苹果树面积发展已近千万亩,产量位居全国第二,品质堪称一流。某些村、乡、县的苹果收入已占农民收入的首位,从根本上改变了果区农民的经济面貌。

2 科学技术方面

2.1 粮食产量潜势及开发技术

粮食问题在黄土高原具有双重意义,既是国民经济的基本需求,又是土地利用优化和生态环境向良性转化的前提条件。滥垦滥伐的彻底解决的前提是粮食产量大幅度提高。

试区粮食科技攻关实践表明,黄土高原粮食生产有可能在3—5年内超常速(>6%)增长,实现粮食自给有余。根据长期定位研究,试区粮食平均潜势产量为340.9 kg/亩。“七五”初期实现率为36.6%,相当于当前大面积水平。“七五”末期实现率为61.7%,尚有38.3%的粮食潜力有待开发。“七五”期间,粮食潜势开发实现率最高者是长武王东沟试区,达86.6%,单产已步入350 kg/亩的高产行列。

黄土高原年降水量处在400—600 mm之间,尚未构成当前粮食产量提高的主要限制因素,粮食长期处于这种超低产状态主要是受养分制约的结果。养分匮乏决定了产量的低产性,降水分配不均决定了产量的波动性。如陕西长武王东沟试区在常年降水年型中,粮食产量因水分亏缺减产10.6%,因缺肥减产高达42.8%。固原试区也是缺肥减产率大于缺水减产率。

据统计,截止到1985年,11个试区亩平均化肥(纯量)施用量只有2.9 kg,相当于全国平均用量的23.7%,相应的亩产为104 kg,相当于全国平均单产310 kg的33.5%。因此,旱作粮食潜势开发技术首要的是成倍增加养分投入。在充分重视和施用农家有机肥基础上,增加化肥投入是快速有效办法。定西试区化肥施用量增长166%,由亩施6 kg(以纯量计,下同)增加到15.9 kg,粮食单产增长99.2%。长武试区是跃入高产行列的唯一试区,其化肥施用量增长144%,亩施量由4.3 kg增加到10.5 kg,单产由182.3 kg提高到350 kg,增长92%。以上,相当于每投入1 kg纯量化肥,平均可得到10 kg粮食产出。由定位研究看出,通过增加养分投入,黄土高原近期粮食有成倍增长的潜力。由于黄土高原化肥施用基础量很低,农田

氮素满足率仅为30%—50%，磷素满足率为40%—60%。因此，即使成倍增加年施用化肥(纯)量，也只有10—15 kg/亩，相当于山东东部和江苏南部高产区化肥施量的30%—50%，无土壤蜕化之虞。

第二项增产措施是强化土壤水库效应，建设基本农田。黄土高原深厚疏松的黄土具有良好入渗能力和水分蓄供调节功能，又是根系深层分布的良好生态环境。发挥此种土壤水库功能的有效办法是坚持以平整土地为中心的农田基本建设和培肥地力。肥力的提高必然带来“以肥调水”和提高水分利用率的明显效果。山西离石试区通过坡地改梯田，种植5种作物，平均亩产为229.9 kg，与未改造坡地对照，增产3.1倍，水分利用率提高2.23倍。

水肥条件改善之后，一般要把原低产生态型品种因地制宜地更新为高产生态型品种，并辅以优化栽培。各试区研究的优化栽培模式为实现增产提供了技术保证。

在目前坡耕地尚占耕地面积70%的情况下，特别是25°左右的陡坡耕地，必须实行水土保持耕作法。沿等高线方向进行的水平沟种植和草粮带状间作都是行之有效的措施。

2.2 林草建设的地位和技术

黄土高原目前垦殖指数在20%—40%之间。农业用地的治理开发以农田基本建设为中心已成共识。而更大面积的水土保持和土地生产力开发则依赖于林草植被建设。“七五”期间，11个试区的林草地总面积占总土地面积的比重，由“六五”末的24.24%上升到40.40%，年递增率为10.5%。人均林地面积为2.96亩，增长了65.3%。这一水平比全国平均数高28.7%，比黄土高原其他地区平均高86.2%，发展速度之快是少见的。

林草植被因其有丛冠截流降水、削减降雨动能，增强入渗能力，提高土壤抗冲蚀性能，因而有巨大的防止土壤侵蚀的作用。据测定，林冠对降水截流率为12.5%—26.7%；黄绵土40—50龄山杨林地的土壤稳渗透率较农地高10倍；林地表层土壤抗冲刷力较农地高93倍以上，比草地高32倍以上。离石试区对郁闭度85%的沙棘林观测表明，在45分钟降水75.3 mm情况下，可减少径流85.2%，减沙98.4%。对12种人工牧草观测表明，平均减少径流47.5%，减沙74.7%。安塞试区研究结果表明，林草植被减少侵蚀量60%—90%。

林草建设的意义已远不止于生态效益的需要。80年代黄土高原苹果经济林的兴起，给本区经济发展注入了新的活力。依据黄土高原大部地区水热条件分析，黄土高原必将成为国内以苹果为中心的大规模果品基地。由于果树的高产值，群众对果园实施高度集约管理，把水土保持完全溶于经济开发之中。达到了生态、经济功能同步实现的新阶段。

林草建设在技术上要严格遵循生态规律性。这方面的问题归纳起来有三点：(1)成活能否成林；(2)成林(成草)能否持续发展；(3)成林(成草)能否转化为经济效益。前两个问题的限制条件是水量平衡因素。黄土高原地处半湿润-半干旱-干旱地带。总的来讲，多年生林草植被耗水量均大于年降水量，愈向西北，差值愈大。降水供应不足部分，靠吸收土壤深层储水来补充，所以带来土层干燥化。土壤下伏干层的位置一般在地表下1—4m。愈向西北，干层的干燥强度与深度愈严重，以致出现“成活不成林”，“成林不能持续发展”的现象，生态效益严重削弱。因此，在林草建设上要注意区域分带性和垂直分带性，二要注意种植技术。由太原—延安—西峰—天水一线以南划分为乔林区；河曲—吴旗—固原以南划分为乔灌林区，树种选择与种植方式依垂直地形而异；准格尔—榆林—兰州以南为灌乔林区，以北为灌林区。在种植技术上，除按照生态分区，适地适树原则外，特别要在拦蓄降水和水分利用

上采用相应措施。淳化试区采取燕翅形整地集水法,西吉试区采用水平阶间隔带法,都是根据增加集水设计的。固原试区种草采用等高间隔带法,则是根据土壤干层分布和调节利用水分而设计的。

2.3 黄土高原土壤侵蚀与生态环境演变的关系

黄土高原土壤侵蚀规律的研究,过去的工作多侧重在侵蚀因素,即地形(坡度、坡长)、降雨(暴雨分型)、土壤(抗蚀性、抗冲性)及植被(覆盖度、类型)等与侵蚀量的关系,并建立相关统计模型,以评价水土保持措施对保持水土的效益,已取得了若干规律性成果。但对土壤侵蚀与生态环境演变的关系,特别是人类加速侵蚀在现代侵蚀过程中的作用和评价,缺乏深入研究。而确切评价人类活动对土壤侵蚀的影响和作用,正是治黄决策的关键问题。

“七五”、“八五”以来研究成果表明,人类活动对植被大规模的破坏和垦荒是加速现代土壤侵蚀和增加入黄泥沙的主要因素。尽管黄土高原侵蚀地貌骨架在人类社会以前的漫长地质历史中已经形成,并成为现代土壤侵蚀发展的潜在危险因素。但自然生态平衡遭人类破坏,是使潜在的危险因素激发为剧烈侵蚀现象的主要原因。

森林具有显著防蚀功能是众多研究成果的共识,基金重大项目“黄河流域环境演变”研究中有一个很有说服力的材料。该项目在子午岭林研究森林破坏对加速侵蚀的影响。试验设置了保留林地(郁闭度 $>90\%$),伐林新垦农地,伐林新垦休闲地。经过22次观测,梁坡($32^\circ-34^\circ$)林地侵蚀模数为 $1.3\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,新垦农地侵蚀模数为 $9\ 703.7\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,新垦休闲地侵蚀模数达 $10\ 324.5\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。谷坡($37^\circ-42^\circ$)则分别为 $14.4\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, $13\ 179.4\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $21\ 774.1\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。坐落在林区的北洛河支流葫芦河张村驿水文站,控制面积 $4\ 715(\text{km}^2)$,森林覆盖率达 93% ,多年平均降水量 621mm ,侵蚀模数只有 $115\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。而类似生态型属于无林区的刘家河水文站,同期侵蚀模数高达 $13\ 300\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。系统观测表明,在地面为茂密植被所覆盖情况下,降雨、地形和土壤因素对侵蚀的作用极为微弱。

人口增长、移民成边和农区北移,是黄土高原森林消失的主要原因。公元初,黄土高原人口有1100万,1500年为1515万,占当时全国人口 24% ,1820年达2995万,1949年为3640万,建国后至1985年,增长到8140万。据陕北6县调查,每增加一人需垦荒15亩,至1985年,新增耕地是1949年到新增耕地的3倍。如子洲县,从92万亩增到172万亩,定边县从90万亩增至345万亩,延长县从50万亩增至124万亩。黄土高原森林面积覆盖率至1985年仅残存 6.5% ,天然草场蜕化为稀疏牧荒地。在新的以农区为特征的水土保持措施体系尚未健全情况下,侵蚀加剧,人类加速侵蚀速率远超过自然侵蚀速率,而愈益成为侵蚀发生的主导因素。今后,我们的任务不是恢复古代生态景观,而是要在保证粮食生产,农业发展和人民生活提高的前提下,建成农区型新的水保-开发土地利用体系。“七五”以来科学实践表明,只要投入到位(科技、资金、政策),建立具有良好生态循环功能的高效农业生态经济系统是有可能的。

应该指出,黄土高原黄土的沉积、成壤和侵蚀过程从未停止过。现今黄土高原地貌骨架,是在人类社会以前漫长地质时期地圈-生物圈综合作用下形成的。在多次轮回中,发生着地质的抬升与沉降、气候的温湿与干冷,植被的繁衍与蜕化过程。据对黄土断面构成,古土壤带的结构与微形态,化学与矿物成分分析,以及孢粉分析的研究表明,自然侵蚀的发生发展常

随同地面植被退化和恶化呈同步反应。地质时期侵蚀相对强烈期不是发生在相对温湿和植被较好的成壤期,而是发生在湿润向干旱过渡、成壤向沉积过渡的植被蜕化期。子午岭森林植被恢复与侵蚀过程的地形部位顺序研究的结果,以及当今侵蚀中心位于降水量为400 mm的水蚀风蚀区这一事实,是对上述结论的有力佐证。

此外,“七五”以来,关于现代开荒和大型煤田开发对加速侵蚀的影响也进行了深入系统的定量研究,补充了侵蚀研究的空白。

十年来,通过黄土高原综合性定位研究取得的许多重大成果,促使人们重新去认识黄土高原。在这片贫瘠的土地上,其所固有的400—600 mm降水和深厚壤质的黄土土层,本可允许有很高的植物生产力,但由于历史上人类长期掠夺式的土地利用和低投入,形成了今日的低产和贫困。通过近十年来系统定位研究,可以认为:(1)通过资金、物质和科技投入的增强,粮食生产近期有成倍增长的潜力,黄土高原粮食可以自给,农村地区而且可以有余。(2)在我国人口-土地矛盾日益紧张情况下,对大面积低产和荒芜沟坡土地资源,进行高效开发,可以形成新的经济支柱产业(如千万亩的苹果基地建设),从而实现粮食和经济增收的同步发展。(3)粮食高产基本农田建设和以果林为重点的植被建设,为把水土保持治理纳入到农业高效开发轨道提供了途径,从而增加群众对水土保持的动力和投入的自觉性,加快治理速度,并实现粮食—经济—生态三种效益同步发展的新局面。

当然,黄土高原的水土保持与生态环境改善,农业持续发展与农村经济小康化,大型工矿建设中的环境协调整治,以及减沙改善下游黄河水文状况等问题,仍需进行持续不断的研究,才能为国家有关决策提供更可靠的依据。

PROGRESS OF THE STUDY ON SOIL AND WATER CONSERVATION IN THE LOESS PLATEAU

Li Yushan

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water, Xi'an 712100)

Abstract Since “Seventh Five-Year Plan”, soil and water conservation of the loess plateau has been listed as a State-sponsored S & T project and important progress has been obtained. The efficient ecological and economic systems established in watersheds increase grain production rapidly, decrease soil loss remarkably and raise peasant income dramatically. A number of important scientific conclusions obtained in the position research are reported in this paper. They are: A big increase of grain production with ultra-general speed in short term and possibly more than self-sufficient on the loess plateau, soil nutrient shortage primarily limiting grain yield increase at present; vegetation construction of both ecological consideration and economic benefit with the emergent rural industry of apple production; and accelerate modern soil erosion and sediment increase mainly from human activities of vegetation destruction and reclamation.

Key words loess plateau, soil and water conservation