

关于黄土高原生态环境建设问题的探讨

杨文治

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

提 要

黄土高原的生态环境建设问题是当前黄土高原综合治理一个十分重要和突出的问题。笔者综合多年科学研究和实验资料,分析了黄土高原生态环境建设的紧迫性,指出了黄土高原水土流失的严重破坏性;论述了黄土高原生态环境建设的区域特征,并列举了黄土高原地区安塞、长武、固原三个试验区生态环境建设的实例。最后提出了关于黄土高原强化生态建设亟需研究的若干关键科学技术问题。

关键词: 黄土高原 小流域 水土流失 生态环境建设

Discussion on the Problem of Eco-environmental Construction on the Loess Plateau

Yang Wenzhi

(*Northwest Institute of Soil and Water Conservation of Academia Sinica
and the Ministry of Water Resources Yangling, Shaanxi*)

Abstract

The problem of eco-environmental construction on the Loess Plateau is a very important and protruding problem in comprehensive control over the loess plateau at present. Based on many years' scientific research and experimental data, the author analysed the urgency of eco-environmental construction of the loess plateau, and pointed out the severe damages caused by soil and water erosion on the Loess Plateau. Also, this paper deals with regional behaviors of eco-environmental construction on the loess plateau with actual examples cited concerning eco-environmental construction in such three experimental areas as in Anzai, Changwu and Guyuan counties. This paper finally suggests several key scientific and technological problems needed to be studied urgently.

Key words the loess plateau small watershed water and soil erosion ecoenvironment construction

一、黄土高原生态环境建设的紧迫性

1972年联合国斯德哥尔摩会议通过的《人类环境宣言》，提醒人们：“现在已达到历史上这样一个时刻：我们决定在世界各地的行动时，必须更加审慎地考虑它们对环境产生的后果。”从联合国《人类环境宣言》发布至今已将近20年了。回顾近20年来走过的路程，我们看到，在发展中国家，由于人口压力和对自然资源的掠夺性开发，导致了生态环境日益恶化，给这些国家带来了极为严重的环境生态问题。中国科学院周光召院长1991年2月在《人民日报》国际部举办的“当前世界科技动态与报导座谈会”上的发言中指出，环境承受人类活动的能力是有限的，超过一定限度生态环境的破坏和恶化不可逆转，形成恶性循环，最终危及到人类自身的生存。所以保护生态环境已是刻不容缓的紧迫任务，它影响到工农业发展方向，是关系到社会和经济能不能保持稳定和协调发展的重大问题。

关于我国生态脆弱地区的环境改善，污染治理和全球气候变化的研究，将是90年代环境科学优先发展的领域。因而，未来10年，即到本世纪末，对于生态脆弱的黄土高原地区，其生态环境建设的任务将十分艰巨，为此，研究提出“适合这些地区气候条件与地理特征的不同类型生态结构；确定总体战略；建立良性循环的生态示范区；同时加强对区域生态建设与经济建设协调发展的研究；使生态环境的改善有力促进当地经济发展，并使人民群众得到实惠”，将是90年代面临的重大课题。

我国是发展中国家，黄土高原又是我国生态环境十分脆弱的地区之一。在这里，生态环境一旦遭到破坏，要重新建立良性循环的生态环境，就要付出比以牺牲环境为代价取得的所谓“经济效益”高得多的人力、物力、财力加以补偿。土壤侵蚀的防治就是突出的一个例子。土壤侵蚀是当今世界面临的危及人类生存条件的生态环境问题。

我国黄土高原是世界上土壤侵蚀最严重的地区之一。土壤侵蚀对黄土高原造成的生态环境破坏及其严重后果，已引起各方面的关注。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灾害多、生产力低、人民生活贫困。这种状况亟待采取措施加以扭转”。1991年6月份，应我国政府邀请，来自41个发展中国家的部长，在北京举行的“发展中国家环境与发展部长级会议”发表的《北京宣言》中，认为水土流失是发展中国家面临的严重的环境问题之一，也是全球环境问题的重要组成部分。可见，加强黄土高原的生态环境建设，控制水土流失，扭转生态环境恶性循环的被动局面，是一项十分紧迫的任务，同时也是维护当代和子孙后代生存条件至关重要的大事。

二、水土流失是黄土高原地区具有严重破坏性的环境生态问题

土壤侵蚀不仅使遭受侵蚀危害的地区深受其害，还给社会带来巨大的宏观经济损失。为此，美国农业部土壤保持局1985年5月份与资源保护基金会曾联合召开“土壤侵蚀的宏观经济损失”专题讨论会，专门就这一问题进行了讨论。据不完全统计，土壤侵蚀每年给美国带来的宏观经济损失达60亿美元。在我国，黄土高原的土壤侵蚀造成的宏观经济损失究竟有多大？目前还难以定量估计，现仅就水土流失的严重破坏性，加以简要论述。

严重的水土流失造成土壤肥力退化，产量低下。据统计，黄河年平均输沙量高达16亿t左右，此外，还有6亿t泥沙拦蓄在坝库和其它水土保持工程之中，因而，这一地区的产沙量要超过22亿t。在这种情况下，该区土壤侵蚀严重的43万km²的土地上每年流失肥沃表土的厚度平均达到0.5cm。按这样的侵蚀速度大约30年就要侵蚀掉一层耕作层土壤（15cm），因而该区的坡耕

地不可能形成肥沃的耕作层土壤。随着人口和社会需求的增加,耕地面积不断扩大,而扩大耕地主要是靠开垦草地、草坡和林地来实现的。据西北水保所的研究表明:农耕地的侵蚀量较林地大30倍到60倍,林地和草地开垦之后,当年侵蚀量就增加至30倍。由于人类活动对生态环境造成的破坏,其后果是十分严重的,导致了该地区生态环境的恶性循环,即水土流失引起土壤肥力退化,土壤退化又迫使农民不得不依靠广种薄收来获取必需的粮食,然而广种薄收又带来了更为严重的水土流失和生态环境的日益恶化。

黄河中游地区大量泥沙下泄,造成下游河床不断淤积抬高。在入黄泥沙16亿t中有4亿t淤积于下游河床,致使河床普遍高出地面3~5m,河南开封段高出城区达8m,成为举世闻名的“地上河”。据历史资料记载,在解放前二千多年中,黄河决口泛滥1593次,平均3年两决口,较大的改道26次,对下游地区带来无穷的灾难。解放以来,党和政府对黄河安危十分重视,使黄河安流40余年,为了确保下游安全,黄河大堤已进行过3次加高加固,这不仅耗费了国家巨额资金,而且造成“越淤越加,越加越险”的被动局面。

严重的水土流失还造成土地资源的破坏。土地是人类赖以生存的基础,黄土高原严重的水土流失破坏了大量宝贵的土地资源,使可利用土地变得越来越少了。据对照1967年和1979年两期航片,对宁夏固原地区17条沟道对比分析,这一地区沟头前进速度每年达3.52m,最高达15.7m。甘肃的董志塬,素称“甘肃粮仓”。据考证,在唐代东西宽34km,而现在最宽处仅有18km,最窄处不到0.5km,1300多年来,由于沟谷蚕食,使塬面面积缩小到不及原来的1/3。水土流失之危害可谓瞩目惊心!

严重的水土流失造成水库淤积。建国以来,黄河中游水库建设发展很快。截止1975年,山西省1000万m³以上的大中型水库17座,总库容12.8亿m³。自1949年至1975年,因淤积损失库容25%以上(折合3.20亿m³);陕西省100万m³以上的水库150座,总库容13.25亿m³,损失31.6%(折合4.19亿m³);甘肃4座中型水库,总库容9200万m³,损失60%(折合5520万m³);内蒙古自治区的19座中小型水库的总库容2.69亿m³,损失31%(折合8440万m³)。综上所述,陕、甘、晋、内蒙4省(区)部分水库的累积库容为29.66亿m³,而于26年间淤积损失库容8.78亿m³,占累计库容的30%。三门峡水库由于泥沙淤积,不仅大大降低了综合利用功能,而且还造成渭河下游河道河床抬高,带来严重的防洪问题。

严重的水土流失加重了区内干旱程度和干旱出现的频率。据记载,自1934年至1970年37年中,陕西省榆林地区发生了15个大旱年,占统计年数的40.5%;在1951至1970年间,20年中延安地区只有3年不早;榆林地区则几乎年年都有程度不同的干旱。甘肃天水地区从1888年至1957年,70年间,发生较大旱灾34次,平均两年一次。由此可见干旱已成为黄土高原发展农林牧生产的严重威胁。

三、黄土高原生态环境建设的区域特征

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。这一地区的生态环境建设与持续发展,将对振兴当地的社会经济发展,对根治黄河和保障黄淮海平原安全,以及为华北平原的经济建设创造良好的生态屏障,均将产生深远的影响。

我国黄土高原以综合治理为特点的生态环境建设,经过30多年的反复实践,人们越来越认识到,黄土高原的治理是一项极其复杂的生态经济工程。自“六五”以来,尤其是“七五”期间一些新兴学科,如系统科学,系统工程学、生态学、生态经济学,以及遥感技术和计算机技术在综合治理黄土高原中得到推广应用,从而在理论上和技术上更加丰富了综合治理的内涵,特别是生

态学观点在综合治理中得到明显加强,因而在综合治理中,更加重视生态环境整治与农业自然资源合理利用的有机结合,把防治水土流失寓于生态环境建设之中,从而有效地促进了黄土高原生态环境建设与持续发展,促进了水土保持事业的发展。

黄土高原以其独特的黄土地貌和严重的土壤侵蚀受到国内外科学界的关注。在这类地区,通过综合治理整治生态环境较之平原地区要更加困难,任务更加艰巨。在黄土高原实施生态环境建设,具有以下区域特征:

(一) 以小流域为单元进行综合治理将是今后黄土高原生态环境建设的主要形式 暴雨径流是黄土高原发生强烈土壤侵蚀的基本营力和促进重力侵蚀发展的重要因素。在侵蚀作用下形成的侵蚀地貌主要由十分发育的各类侵蚀沟谷所构成。据不完全统计,在黄土高原 $>1\text{km}$ 长的沟谷共有30余万条,全区的沟道总长度超过100万 km 。因此,在一定意义上来说,黄土高原的生态环境建设,实质上就是沟道小流域系统的生态环境建设。所以,以小流域为单元进行综合治理,将是今后黄土高原生态环境建设的主要形式。

(二) 以小流域为单元的生态环境建设,必须以有效控制水土流失为前提 黄土高原数十万条沟道小流域都是完整的侵蚀产沙与输水输沙的系统。定位试验表明,黄土丘陵区坡耕地是小流域泥沙的主要来源地,尤其是各谷坡部位的切沟、冲沟对产沙产流影响更大。在黄土塬区沟谷侵蚀是主要的侵蚀方式,尤其是发生在沟谷中的重力侵蚀,常常形成大量而集中的产沙。这些都是侵蚀产沙的主要部位,是水土保持的重点。因此,开展以小流域为单元的生态建设,其减沙效益将是评价建设实效的一个重要方面。通过水土保持措施的优化配置,使水土流失得到有效控制,应该是黄土高原这一生态脆弱地区实施生态环境建设前提。

(三) 强化生态环境建设应重视人口与资源和环境承受能力相平衡 小流域作为一个复合生态经济系统,由于人口失控,超过了农业自然资源和环境的承受能力,在这种情况下,为了维持农民最低水准的生活需求,而对土地资源采取了掠夺式的开发利用,因而造成土地退化,产量下降,毁林毁草,生态环境恶化等一系列环境生态问题。人口、粮食、资源、环境间的矛盾日趋尖锐,形成了恶性循环。为了维持小流域生态系统的相对平衡,必须科学地预测这一系统的农业自然资源和环境的承受能力。因此,合理利用土地,调整土地利用结构,协调与平衡人和土地之间的矛盾,是改变生态经济失调,缓和人口、粮食、资源、环境之间矛盾的中心环节。

(四) 实施生态环境建设应重视建立资源节约型的农业体系 黄土高原是我国主要低产区之一。今后随着人口增长和工农业生产的发展,粮食供需矛盾将会更加突出。实践证明,粮食低产的局面不改变,实施小流域生态环境建设就难以达到预期的目标。因此,在黄土高原实施生态环境建设,必须充分注意中低产田的改造。考虑到黄土高原作为生态环境脆弱地区,水肥资源严重不足,农村经济基础十分薄弱等特点,因此在这一地区实施生态环境建设,应重视建立资源节约型的农业体系,即节水、节肥、节油、节电、节地,据此制定治理开发中低产田的技术改造规范。

(五) 合理改造和利用坡地资源,提高土地资源的总体生产力 黄土高原的坡地面积很大,尤其在黄土丘陵区 $>15^\circ$ 的陡坡地平均占到总土地面积的60%左右,因此,如何合理改造和利用坡地资源,对提高土地资源的总体生产力和实施生态环境建设有着重要意义。黄土高原坡地生产力低,但却蕴藏着巨大的生产潜力。根据定位研究结果,在荒坡草地改造为人工林草地之后,土地生产力可大幅度提高,其净地上初级生产量比荒坡草地高3~9倍。坡耕地是区内农耕地的主要类型之一。坡耕地修成梯田不仅可使降水就地入渗拦蓄,有效的控制水土流失,而且为土壤培肥创造了有利条件,从而从根本上扭转了坡耕地土壤肥力趋于退化的发展方向。在黄土高原

不同类型区把坡地治理与开发纳入生态建设轨道，充分发挥坡地资源的优势，将会收到发展经济，增加收入，改善生态环境等多重效益。

四、黄土高原综合治理与生态建设的实例

“七五”期间，由国家支持在不同类型区建立的综合治理试验示范区（生态试验示范区），以丰富的试验研究成果和具有科学依据的实体模型，向人们展示了良性生态系统的良好经济效益，说明了强化生态环境建设，对改善生态环境脆弱地区的重要意义。现以安塞、固原、长武三个试区试验结果为例，就黄土高原生态建设问题进一步讨论。

（一）在以**崩状丘陵为主的黄土丘陵区**建立“水土保持型生态农业”——**安塞试区** “水土保持型生态农业”的科学内涵是以强化降水就地拦蓄入渗，防治水土流失为中心，以土地资源合理利用为前提，以恢复植被，加强林果建设和基本农田建设为关键措施，实现农林牧协调发展和生态经济良性循环，最终建成生态、经济和水土保持效益相统一的农业生态系统。安塞试区通过试验研究，提出了“水土保持型生态农业”三阶段发展模式，即逐步恢复阶段、稳定发展阶段和良性循环阶段。实现这三个发展阶段模式的指标，如表1所示。

表1 “水土保持型生态农业”三阶段发展模式的主要指标

实现各阶段发展模式的主要指标	逐步恢复阶段	稳定发展阶段	良性循环阶段
治理程度（占应治理面积百分数）（%）	40以上	45~60	80以上
人均基本农田（亩/人）	1~1.5	1.5~2.0	>2.0
人均耕地（亩/人）	8~12	6~8	4.6
粮食单产（kg/亩）	45~65	66~90	125~150
林果草面积与效益（%）	25%左右	>60%，逐步受益	>60%，产值占农业总产值的主导地位
减沙效益（%）	/	50%以上	有效控制
达到治理标准的年限（年）	5~15	5~10	/

目前，安塞试区纸坊沟流域，已进入发展模式的第二阶段，初步建立起合理的土地利用结构模型，农林牧用地比例已趋向合理，由1985年的1:0.46:0.92调整为1:1:1.2；人均基本农田已达2亩，实现了粮食自给自余，同时养殖业也有较大发展，良种率已达60%以上，人均纯收入由170元增加到500元（不变价），人均产粮450kg，减沙效益已达50%以上。

（二）在**宽谷缓坡梁状丘陵为主的黄土丘陵区**进行的“水土保持与农林牧优化结构”试验研究——**固原试区** 该试验研究是在宁夏南部黄土丘陵区的上黄村进行的。他们按照不同地形部位、不同土地类型具有水、肥、热量空间分层镶嵌规律，在丘陵起伏地形上，设计了农林草合理用地的镶嵌配置模式，同时利用线性规划数学模型确定了农林牧优化用地比例。“七五”期间，4年实验结果证明，试区提出的《农林牧优化结构模式》科学性强，可信度达92%，系统的物流较“六五”提高60%，能流提高117%，价值流提高36%，较建模前提高7.3倍（采用1985年价格

为可比价)，详见表2和表3。

表2 固原试区上黄村农林牧优化结构模型检验结果

检验年限(年)	模型检验	人均粮	人均油	人均收入	人均柴	产投比	植被度	减沙效益	系统总体功
		(kg)	(kg)	(元)	(百kg)		(%)	(%)	能增值(%)
1989	模型预测(1990年)	482	55	692	9	5	55	90	1989年人均收入按可比价为857元,较1985年提高65%
	实施结果(1989年)	533	69	587	9	5.4	48	61	
	实现率(%)	100	100	85	100	100	89	63	
	平均信度(%)	92							

表3 固原试区不同时期系统物、能、价三流比例

流 别	初期(1982年)	“六五”(1985年)	“七五”(1989年)	“七五”比初期(%)	“七五”比“六五”(%)	备 注
物质流(万kg)	120.55	229.81	367.91	+205	+60.1	为统一起见,按1985年价格计算的产值。
能量流(10 ⁷ kJ)	366.7	497.2	1079.1	+194	+117	
价值流(万元)	6.99	42.79	58.17	+732	+35.9	

该模型是在考虑资源、环境、生态、经济等20多个条件平衡约束下,按照统筹兼顾,治理与开发,生态与经济相结合的原则进行设计的。该试验研究说明,根据生态学阐明的生物与环境相适应原理,在以综合治理为特征的生态环境建设上做到因地制宜,将会收到良好的生态经济和水土保持效益。

(三) 在黄土塬区建立“高效生态经济系统”——长武试区 长武试区地处黄土高原沟壑

表4 长武试区王东沟流域“七五”攻关和系统效益实绩

项 目	合同指标	“六五”基数	“七五”实绩							1988~1990年		
			1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	平均	增长(%)	实绩	增长%	
粮 食	单产(kg/亩)	230	165.2	182.3	175.4	274.5	351.0	315.3	259.7	57.2	313.6	89.8
	人均(kg/人)	450	389.1	347.4	322.9	462.6	564.3	505.8	440.6	13.2	510.9	31.3
人均纯收入(元/人)	500	157.3	230.5	231.2	425.2	506.9	531.6	385.0	144.7	487.9	210.2	
森林覆盖率(%)	30	18.2	/	21.3	23.1	25.7	32.1	32.1	76.4	32.1	76.4	
侵蚀模数(t/km ²)	<1000	1860	/	50.5	1570.3	1062.9	/	894.6	-51.9	894.6	-51.9	
减沙(%)	50	0	/	97	15.6	42.9	/	51.9	/	59	/	

区。通过对自然地理条件和社会经济状况的综合分析,确定现阶段农业生态经济系统建设应着眼于土地利用结构的优化,并把保护土地资源,全面提高土地生产力作为生态建设的目标,以粮经果林为发展方向,养殖业保留为动力转化——副业型,最终建成高原沟壑区类型的高效农业生态经济体系。同时考虑到,试区内占土地面积72%的沟坡,土地生产力低,试区把沟坡开发,全面提高土地生产力,促进经济的持续发展放在重要位置,把沟谷土地系统中土地质量较好者经营生态经济双效益林, $>40^\circ$ 陡坡营造水土保持林。

经过5年建设,使系统功能有了明显提高,生态环境得到显著改善,现将该试区综合治理和生态建设的实效列于表4。

上述三个试区在生态环境建设方面所取得的成就,给人以启迪,说明在建设过程中,只要按照客观规律对农林牧各业进行合理的设计与调整,实施以水土保持措施为中心的各项治理措施的优化配置,在黄土高原不同类型区实现生态环境由恶性循环向良性循环的转化,是完全有可能的。

五、关于黄土高原强化生态建设的关键科学技术问题

根据近40年来的科学实践和近年来的科学考察与定位试验研究,从宏观决策考察,西北水保所提出了黄土高原整治的“环形结构”的设想,即整个黄土高原地区由两个环带(外环带和内环带)和一个中心区组成。外环带由沿黄土高原地区四周及其毗邻地区的土石山与石质山地所构成,即沿恒山—五台山—太行山—秦岭—日月山—贺兰山—阴山等山系形成一条环带。在这个环带上,森林、草地面积大,植被覆盖度高,历来是林业生产基地,生物资源比较丰富,故称之为“绿色环带”;内环带沿区内陇海—同蒲—京包—包兰—兰西(宁)等铁路干线通过的平原和盆地及其毗邻地区所构成。本环带农业开发历史悠久,粮食生产水平高,潜力大,历来是供应城市粮食主副产品的主要基地,称之为“金色环带”。中心区大致以长城为界,分为东南部丘陵区和西北部风沙区。该中心区水土流失、风沙灾害严重是黄河泥沙的主要来源地,但区内土地资源比较丰富,光照条件较好,发展牧业、果品、豆类有相当大的潜力,是水土流失重点治理区。

关于黄土高原生态建设问题从全局考虑,应以如何把握好整个地区的生态经济特点为出发点。黄土高原地区作为我国生态脆弱地区之一,其生态环境建设的进程,不仅对局地环境将会产生重大影响,而且对陆地生态系统及全球变化的影响也有着一定关系。因此,在实施生态环境建设过程中,应重视以下科学技术问题的研究。

(一) 黄土高原“两环一区”的生态结构与总体规划 1. 外环带建设防护——水源涵养林体系及生物资源开发利用的可行性与前景; 2. 内环带发展节水型高产农业及在黄土高原解决粮食供需平衡中的作用; 3. 中心区实施以防治水土流失为前提的小流域生态建设的有效途径。

(二) 不同类型区以重点流域为单元,研究人为活动对侵蚀产沙的正负影响,发展趋势与前景预测

(三) 不同类型区林草植被建造布局及提高生态经济效益的综合技术体系

(四) 不同类型区区域生态建设与经济持续发展的研究

(五) 不同类型区粮食增产潜势、人口的环境容量与实现粮食自给的条件

(六) 晋陕蒙工矿开发区环境演变趋势预测和工矿区生态示范区的建立

(七) 生态环境建设实效的评价体系、评价方法及应用

(八) 加强区域土壤侵蚀过程研究与全球变化研究相结合 土壤侵蚀是一个世界性的问

题, 据估计, 全球每年从大陆注入海洋的泥沙约150~200亿t, 其中我国入海泥沙17.84亿t, 约占全球入海泥沙的1/10。因此, 根据IGBP的主要研究内容, 从陆地生态系统角度出发, 加强区域土壤侵蚀过程研究与全球变化研究的结合, 有着重要意义。1. 水土流失地区植被的破坏与重建对大气的影响; 2. 区域风蚀过程与土地沙漠化过程的研究; 3. 土壤侵蚀引起陆地生产能力蜕变的研究; 4. 工矿发展对生态脆弱地区环境影响与环境修复; 5. 黄土高原自然侵蚀过程反映的气候演变信息记录与过去环境记录的重建; 6. 黄土高原土壤自然侵蚀与人为加速侵蚀对产沙量的影响; 7. 人类活动在黄土高原土壤侵蚀中作用与黄土高原区域治理对策; 8. 黄土高原综合治理过程对局地环境的影响与环境演变的长时间系统观测。

根据多年来的研究成果, 尤其是近年来的科学实验, 我们认为, 综合治理黄土高原应将强化生态环境建设, 控制水土流失作为中心环节, 把建设各具特色的生态农业体系作为目标。在实施生态环境建设过程中, 应坚持以小流域为单元, 将其作为一个生态系统, 遵循生态学原理, 运用系统工程方法进行设计, 提出优化的用地比例, 并在实施过程中注意如下技术关键: 首先要加强基本农田建设, 增加肥料投入, 提高粮食单产, 其次是坚持工程措施与生物措施、农业耕作措施相结合, 实现功能互补, 有效地防治水土流失; 第三要重视生态经济效益与水土保持效益的提高。我们设想, 如果在黄土高原不同类型区建立起各具特色的生态农业体系, 其农业生态环境定能显著改善, 农林牧生产必将有一个较大的发展。

本论文有关安塞等三试区资料均引自各试区试验报告, 特此说明, 并致谢意。