

# 中美小流域治理和农业的对比研究

李玉山 刘国彬 刘宝元

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水利部

孙俊杰

(中国科学院资源环境局·北京市)

## 提 要

作者于1991年10月对美国小流域和农业情况进行了实地考察。通过考察,对比分析了中美两国在小流域治理和农业生产上的特点。认为,中美两国国情不同,因而区域开发的规划、目标、方法和模式显然不同。因此,应该尊重我们自己的经验,走自己的科研和治理道路。

关键词: 小流域治理 农业

## Study on American—China Comparison in Small Watershed Control and Agriculture

Li Yushan Liu Gubing Liu Baoyuan

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and Ministry  
of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100)

Sun Junje

(Bureau of Resources and Environment, Academia Sinica, Beijing)

## Abstract

The conditions of small watershed control and agriculture in American were investigated by the authors in Oct, 1991. Based on the investigation, the characteristics of small watershed control and agricultural production between American—China were compared and analysed. It was concluded that the plans, aims, ways and models for region exploitation are all different obviously because of their different situations. For these, we Chinese should study ourself's experience and walk ourself's directions of scientific research and control.

**Key words** small watershed control agriculture

1991年10月,作者横穿北美大陆,沿北纬40°线穿过年降雨量1000mm至300mm的不同地貌农业区。乘车由华盛顿至加州行程7500km,途经13州,考察了美国东部谷物农业区、玉米带、黄土区、中部大平原草原区及南部小麦区、洛基山及西海岸农业区,对不同生态类型区域的地貌、气

候、土壤和土地利用、经营方式、生产力水平有了亲身的体验和较为系统的了解。尽管我们以往曾对美国的土壤保持和农业发展进行过考察,但这次从小流域尺度,对其治理与科研的特点所做的多种区域的并行考察,感到认识有进一步的深化。国情不同,区域开发的规划,目标、方法和模式显然不同。例如,地形,人均土地,经济发展水平都是制约区域开发治理模式的基本因素。通过中国美国对比研究,更深知尊重我们自己经验的重要性,我们还是要走出自己的道路。

## 一、中美小流域综合治理体系比较

由于社会经济发展水平,地貌形态以及人均占有土地面积的差异,美国小流域综合治理体系与我国有明显差别。具体表现在三个方面:第一,治理对象不同。这次由东向西横穿美国大陆,感到美国地势比我国平坦得多,丘陵山地不高。据统计美国 $0^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 平地占国土面积48%, $2^{\circ}\sim 11^{\circ}$ 多占49%, $>11^{\circ}$ 仅占2%。因此大部分区域没有完全发育的沟道,沟蚀量仅占总侵蚀量的17%。美国小流域治理的对象主要是缓坡耕地。我国地形起伏变化比较剧烈,黄土高原相对高差一般在100m左右,具有发育完整的沟道系统,沟壑密度一般达 $3\sim 6\text{km}/\text{km}^2$ 。如安塞纸坊沟试区沟间地仅占小流域面积的35%,且一半的坡度大于 $25^{\circ}$ 。因而坡面侵蚀及沟道侵蚀均极严重,必须沟坡兼治。第二,治理体系不同。美国小流域以坡面治理为对象,采取的主要手段是等高处理加地面保护措施。如等高耕作、等高缓冲带状耕作、草粮带状种植。所谓梯田(Terrace)即在坡面沿等高线堆起一条地埂,类似我国的坡式梯田。由于坡度变化小,梯田宽度设计为50m。因此,梯田的修筑及面积多以长度表示。1km田埂可保护75亩耕地。地表保护措施有地面留茬覆盖、少耕法,免耕法、轮作等,以减少水蚀、风蚀对表土的破坏。在美国农业区,水土保持生物措施纳入农业耕作体系。主要有粮草轮作,护埂,即在新修坡式梯田田埂背面种植雀麦、柳枝稷等多年生禾本科牧草。此外,草皮水道是一种颇有特色的径流槽防治措施。所谓草皮水道就是在山丘间或坡面较低区段天然排水道上,通过横断面修整,播种禾本科草建立永久性植被,使其变成安全排减径流的水道。不过草皮水道在美国适宜坡度一般不大于 $6^{\circ}$ ,集水面积不大于90~1200亩,否则难于建立稳定植被。另一方面,美国将小流域作为整体单元治理。在一个小流域内一般采取农业水保耕作措施,很少有综合措施。如依阿华州Treyner试验流域有4条对比小流域,每一小流域仅采取一种等高处理(等高耕作或坡式梯田)或耕作措施(轮作或连作)。与此相比,我国小流域由于地形破碎,沟壑纵横,综合治理难度大,技术措施复杂,需要耕作措施、生物措施、工程措施相结合。坡耕地上修筑水平梯田,或采取水平沟耕作法,或草粮带状间轮作,陡峭沟坡造林种草以保持水土,沟道修建柳谷坊或淤地坝等以防止沟床下切,拦蓄泥沙。由于地形的变化,如何根据坡面上光、水、热分布规律配置适宜的水土保持措施,是小流域综合治理研究的重要课题。“七五”期间“黄土高原综合治理”国家攻关项目,在小流域水土保持措施优化配置等方面的研究取得重要突破,促进了水土保持学科的发展。第三,能量投入形式不同。无论是地面处理修坡式梯田还是等高耕作,美国水土保持措施的实施都是机械能形式投入,修筑堤坝更是如此。如我们参观了依阿华州水保局正在苏城县修筑的一座造价4万美元的土坝,土方约 $5\text{万m}^3$ 。仅有2名技术员,5名工人,使用3台推土机,2台挖土机,计划6个星期完工。我国基本农田建设,修堤筑坝,造林种草之整地,能量投入几乎全部以劳动力形式投入,以会战形式实施。这是国情不同决定的。在目前我国经济条件下,这种方式可能还要持续一段时期。虽然我国农村劳动力资源丰富,随着国民经济发展,在水土保持工程措施中,机械能投入必将有所增加。

## 二、中美农业特点对比分析

由于社会经济发展水平及土地资源数量质量的差异,美国农业和我国农业在经营目标,技术目

标,技术体系等方面存在明显的不同特点。

(一)经营目标 美国农业经营目标不追求高产,而在有限高产情况下追求单位面积最大利润。从东部农业区到西部主要粮食产区,以当地气候和土壤两项资源看,单位面积产量属于中等或中等偏上。在东部宾夕法尼亚州,降雨量大于1000mm,玉米亩产600kg,小麦亩产225kg;中西部依阿华州降雨量820mm,玉米亩产550kg;中央北部大平原科罗拉多州,年降雨300~400mm,小麦亩产80~185kg,南部大平原小麦亩产40~120kg。而在同样自然条件下,我国粮食单产高于美国,我国的粮食生产把单产放在突出地位。

(二)技术目标 美国农业的技术目标追求高劳动生产率和高产投比,仅限于增加单产,不能提高产投比的技术措施在美国缺乏存在价值。现代美国农业技术有通过高技术或减少物能投入来简化作业程序和技术条件的倾向,少耕法、免耕法,精播机都有这种深层的动机背景。另一方面,由于美国人地比值大,人均耕地10亩以上;垦殖历史短,自然肥力较高,所以,有可能通过降低资源利用强度,如中央大平原实行2年一作来提高产投比,而中国土地资源利用强度和频度远大于美国。

(三)技术体系 美国农业技术体系服从上述经营目标和技术目标,而具有以下一些特点:

(1)力求通过减少单位面积物能投入来降低成本,如肥料投入量并不高。东部宾夕法尼亚州亩施氮7.5kg,磷0~5kg,有机肥施用面积只占耕地面积5%。中西部亩施化肥氮11kg,磷2.7kg,钾1.8kg。中央大平原化肥用量更少,有机肥因增加成本,很少施用。例如得克萨斯州有规模达8万头的4个肉牛育肥场,极高质量的厩肥有时需要雇人拉走。因为厩肥虽好,运输和施用不经济。又如得克萨斯的坡式梯田,平地宽度与坡地宽度比为1:2。其它大部分地区多修建高埂或坡式梯田,目的都是节省能量投入和减少投资。免耕法和少耕法的迅速兴起,固然其产量可保持一定水平,也和减少能量投入,便于增加利润有关。

(2)耕地资源利用强度低。如年降水量300~400mm的中央大平原实行2年一作,年降水量400~500mm的得州实行3年二作。即使在年降水量800~1000mm中西部和东部农业区,依然实行一年一作。而且政府控制谷物面积。如宾州农民Earl Wessner每年休耕10%耕地,以领取政府津贴。肉牛生产地科罗拉多州的干旱矮草草原,常规放牧强度为225亩/牛,重牧标准是150亩/牛。较之我国,土地利用强度显然较小。

(3)在土地利用和经营方式上,美国以大规模机械化专业化农场为形式。低级土地资源,在美国有可能列为永久性林草地而不进行农耕,以保持水土。我国则不然,由于生产力水平差异和人地比很小(人均耕地我国为1.4亩),以实行小面积多种经营和自给自足与商品经济同时并举的小农户经济为特色。实行高投入高产出,追求“潜势农业”。对低级土地资源也进行相当强度的开发。如黄土高原沟坡土地资源开发即属此例。直到现在,大于25°的陡坡地还在大量种植,不能还林还草。占世界7%的耕地养活占世界22%的人口,使我国农业和环境保护所面临的挑战与美国截然不同,且更加严峻。

(4)美国由于农业生产力的高度发展和历史上滥垦所造成的惨痛教训(黑风暴、水质污染),以至发展到今天,环境意识空前加强。“持续农业”在美国、在世界上成为新的口号。

### 三、近期美国水土保持研究发展的新趋势

近代农业的发展,往往带有双向性。一方面由于化学能、机械能的普遍投入,农田产出大幅度增加,利润迅速增长;一方面引起了环境的新问题,如水土流失,地下水位下降,水质污染等。如我们这次参观的依阿华Treynor试验流域,浅层地下水已被污染,饮用水不得不打深井,取深层水。德州北部地下水位每年以1m速率下降。目前美国小流域综合治理研究的重要特点就是把自然资源开发

与防治水土流失、保护生态环境结合起来。目的在于保护环境,维持原有的土地生产力水平。主要研究有两个方面:

### (一)土地资源开发、保护及环境质量动态研究

为了保持土地持久生产力,保护自然资源环境,在综合治理中,土壤保持研究和环境保护(如水质)研究密切结合。如这次考察的农业部德克萨斯土壤保持与生产力研究所,依阿华州的 Treynor 试验流域等,耕作栽培田间试验同时进行径流泥沙观测、水质分析。水分利用效率试验也同时测定径流形成和水分的积聚与保存。而在小流域径流泥沙研究中又研究氮、磷的迁移和土壤水质的变化。土壤保持与生产研究所,把土壤保持与土地生产力组合为一个共同的目标,特别体现在试验设计和测定项目的双重性上。对比我们的农业研究,在注重提高产量的同时,注重旱作农业提高水分利用率的同时,还缺乏环境意识,缺乏生态意识,缺乏土地生产力持续保持的意识。例如农田中养分的环境效应研究在许多高施化肥地区还未引起注意,地下“肥水”的形成,只注意它的肥料效应,而忽视它本身是环境污染的尖锐表现。许多地区一年二作每亩施用化肥均达 100kg 以上,但未注意对地下水质的污染和养分的流失。当然,在不少贫困落后地区如黄土高原丘陵沟壑区,农民尚无足够资金投入农业生产。化肥施用量仅占全国平均值的 20% 左右。在今后一段时期内主要措施仍是增加化肥投入,以提高单产,解决粮食问题。

### (二)开展低投入有机农业研究

有机农业亦即生态农业。即试图按照生态学原理从事农业生产经营,以减少或完全代替化学物质的投入,从根本上保护自然资源。我们这次考察的宾夕法尼亚 Rodale 研究所即是专门从事这一研究的私人机构。该所的研究内容有:(1)通过低投入的有机农业生产系统如豆科牧草培肥、轮作来减少化学养分的补充投入。(2)通过调节作物—杂草相互关系以减少除草剂的使用。(3)由植物—害虫—益虫的关系来减少杀虫剂的施用。从该所 1981 年开始的农场生态系统试验所包括的三个处理,可窥见其思路:

1. 畜牧场农业:种植作物或牧草作为饲料饲养家畜(肉牛);不施化肥和农药,最终产值以销售畜产品来实现。
2. 低投入粮食生产农业:种植农作物直接出售。主要是玉米、大豆。作物氮肥来源是豆科牧草、绿肥,通过合理密植,机械除草和轮作来防止病虫害。
3. 常规农业:以通常的化肥、农药施用进行粮食生产作为对照。

总的讲,此类研究尚在进行之中,试图寻求减少化学能投入的合理农作方式。支撑美国现代农业的技术基础仍然是“常规农业”。

### (三)总统特别项目——关于水质评价

目前美国对于水土流失,资源环境评价的一个新动向是在侵蚀泥沙预测预报的同时,重视水质研究。由于常规农业长期大量施用化肥及化学药剂,造成地表水及地下水污染。美国 40% 的人口饮用水源主要是地下水。1989 年开始执行的总统特别项目水质研究计划(President's Initiative on Enhancing Water Quality),目标是在目前农业活动中保护和提高地表水及地下水水质。水质研究首先在中西部农业区进行,包括依阿华,明尼苏达、密苏里,内不拉斯和俄核俄州,称为管理系统评价区(Management System Evaluation Areas, MSEA)。分析研究土壤、气候、水分化学物质、经济及农场管理系统的相互关系及作用,测定农业系统对地表及地下水化学及生态资源的影响,控制农业化学物质蓄积及输移的因素及过程,寻找保护水质及生态资源的经营管理体系以及评价社会及经济因素对农业经营管理的影响。

水质研究是一项庞大的计划,全美有农业部农业局及州农业局、土壤保持局、经济局、推广局及

私人研究机构、国家环境保护署等12个大的机构参加。目前发展的EPIC模型,CREAM模型等,在侵蚀预报及生产力因子评价中,同时考虑了径流与泥沙输移中氮磷的流失、淋溶及循环、杀虫剂的富集、不同耕作措施及环境因素对植物生长的影响。

#### 四、我国区域综合治理与研究体系的自身特征

“七五”期间我国区域治理列入国家科技攻关重大项目的有四大块,即黄淮海,黄土高原,三江平原和北方旱区,“八五”增加了南方红壤丘陵一块,共五大块。和美国区域治理开发面临的问题相比较,我国难度大得多。我国农业的基本国情是:山多平原少,人多土地少,以人均1.4亩的紧张耕地资源,并受人口增长过快的压力,在本世纪末要达到小康水平,这是美国所不存在的严峻挑战。这决定了中美两国区域治理开发模式具有不同特征。

(1)我国需要大规模治理与开发低级土地资源,包括 $20^{\circ}$ 以上的陡坡土地,在美国,这类土地不作为农用地。

(2)美国一个农民养活60个人,但一个人有10亩农田供养;在我国,1个农民养活1.3个人,但1个人只有1.4亩农田供养。所以我国土地生产不只需要经济的产投比,而且要有高产量。对粮食来讲,不仅要求产投比不小于3~5,而且要求单产高。在美国只要求高产投比,高产量是从属目标。

(3)由于我国人地比小,所以要珍惜利用每一寸土地,甚至通过间作套种,一年多熟,立体种植实现一块地当几块地用,土地利用强度很大,在小面积上实行多种经营。而美国还在实行两年一作、3年二作,休耕补贴,土地利用强度显著较小,大面积实行农场专业化。

(4)我国农业经营和种植必须实行高投入高产出的办法。不能采用中投入中产出的办法,更不具备低投入中产出的条件。因而农业更带有人工生态系统特征。只能在高投入条件下注意环境质量,而不能为了环境质量降低投入和产出。

加之中美相比在生产力发展水平上,劳动力和资金丰缺水平有很大差异,所以我国的区域治理开发,具有高强度(土地利用)、高投入(物、能)和高产出(产品、利润)的特征,实行土地保护、土地开发和土地潜势并举的治理开发模式。

(5)区域治理试验区要把治理——开发——科研从深度上充分结合起来,充分发挥地学与有关学科结合研究的优势。区域治理是一项社会——生态工程。治理的模式要建立在地学(土地、土壤、水文)——生物学(农、林、草、果)——生态学(物流、能流)和系统工程学基础之上。注重区域治理试验的连续性和系统性。区域治理是一个动态的过程,其效果和理论要受时间和空间的验证,区域治理科技攻关偏重于经济效益的要求。在满足经济效益要求的同时要强化资源、环境与生态意识。如农田养分高量投入中要注意养分走向与水质污染;研究土壤保持措施时注意土地资源生产力的开发,低级土地资源开发时要注重水土保持与环境保护,甚至用更长的时间尺度来和全球变化研究联系起来。