

水土严重流失的黄土丘陵区 建立良性农业生态模式的探讨

山 仑 陈国良 巨 仁 辛业全

(中国科学院西北水土保持研究所)

提 要

长期来,由于建设方针上的失误,人口猛增,植被稀少,土壤瘠薄,“三料”俱缺,造成固原县水土流失相当严重,人民生活非常贫困。固原县经过1983—1985年的土地结构合理调整,生产力有较大提高,粮食产量明显增加,水土流失大幅度减少,群众收入净增两倍。结合全县的综合治理工作,确定了今后农林牧优化用地比例为1:1:3,农田中粮食作物、经济作物和牧草用地比例为5:1:2。建立良性农业生态模式的关键一环,是建立起一个合理高效的农林牧生态经济结构,孤立地就水土保持抓水土保持,解决不了这样一个全局性的问题。

本文主要以宁夏回族自治区固原县为例,探讨了在黄土丘陵区建立良性农业生态模式。

一、黄土高原典型地区——固原县农业发展中的问题

固原县位于黄土高原西部,宁夏南部的六盘山区,属黄土丘陵半干旱、水土流失严重的贫困县,在黄土丘陵地区具有一定的代表性。该县总土地面积3,878平方公里(分出彭阳县前为6,413平方公里),合39.1万公顷。人口33.6万,每人平均土地1.4公顷。人口密度每平方公里99人,开垦指数43.6%。县境内海拔高度1,500—1,800米,年降水量350—650毫米,多数地方为450毫米左右。年平均温度6℃左右,≥10℃积温2,000—3,000℃,无霜期120—140天。年干燥度1.2—2.3,干旱频率60—80%。总的看,该县自然条件具有多样性和过渡性的特点,特别是过渡类型的自然景观十分明显,表现在气候属于温凉半干旱地带,从降水看为农牧交错区,从温度看是冬春麦并存区;地带性土壤为黑垆土,在侵蚀条件下已向细黄土方向发展,现大部分已为细黄土;植被从森林草原、灌丛草原向典型草原发展,以典型草原为主。全县有适合于农林牧综合发展的自然条件和社会经济条件,大部地区适合于农牧业综合经营。

长期以来,由于建设方针上的失误和人口猛增,固原县在农业发展中存在许多严重问题。在综合治理前,水土流失十分严重,每平方公里年土壤流失量4,000—7,300吨,青砂露[面]面积达3.3万公顷;土壤瘠薄,主要耕种土壤细黄土有机质含量0.5—0.7%,全氮含量0.05—0.07%,速效磷5ppm左右;植被稀少,森林覆盖率为2.1%,天然草场虽占土地面积的37.5%,但产草量每公顷仅为525—900公斤(干重),人工草地5,200公顷,为土地面积的1%;农耕地16.7万公顷,每人平均约0.5公顷,多年平均每公顷产粮食570公斤;人民生活贫困,每人平均粮食不足250公

斤，收入不足50元，“三料”俱缺，铲草皮挖草根取暖做饭的热能占生活热能的20%。农林牧矛盾突出，人与粮、畜与草、地与肥之间供需失调，整个生态经济处于严重的恶性循环之中。不少干部群众认为，当地已陷于“山贫水尽”的逆境。

我们于1980年开始在固原县进行农业自然资源考察和区划工作。在考察和区划的基础上于1983—1985年承担了中国科学院下达的“综合应用科学技术，加速黄土丘陵区固原县农业发展研究”的攻关项目，取得了明显的生态经济效益，并对建立半干旱贫困山区良性农业生态模式进行了初步探讨。

二、综合治理思想和取得的成效

根据上述固原县农业发展中存在的问题，我们认为，任何单项技术难以解决该县的根本问题，而必须从生态系统总体上寻求将恶性循环转变为良性循环的途径，即必须进行综合治理。对固原县的综合治理，需要按照生态学原理，应用农业系统工程的方法，并采取实用的综合农业技术，三者紧密结合方可奏效。具体地讲，我们进行综合治理所依据的原则是：

1、生态学阐明第一性生产者是绿色植物，而当地的问题是地面光秃，植被稀少，生产力低下，第一性生产者严重不足。这是造成水土流失加剧，自然灾害频繁，乃至整个农村经济贫困的根本原因。因此，综合治理中要解决的首要问题是增加植被，提高土地生物生产力。这就是大力提倡种草种树，强调生物措施为主的综合治理思想。

2、根据生态学阐明的生物与环境相适应的原理，结合本地区自然条件复杂多变的实际，在综合治理上应坚持因地制宜的原则。为此，按照起伏丘陵地形上水土和热量资源三维空间分布的谐拍性，设计了土地合理利用的镶嵌模式，这就为因地制宜地发展农林牧各业阐明了用地原则，并提供了可行方法^{〔1〕〔2〕}。

3、生态学是研究自然界结构与功能的科学，根据本地区现状，生态平衡遭受破坏，首先是农林牧业之间的关系失调及对土地资源滥用的结果。因此，重建合理的生态经济结构，以结构为基础促使功能的提高是当务之急。为了达到结构在总体上的最佳，需要采用系统工程学的优化方法，确定最优的农林牧用地比例，这是建立合理结构的基础。

4、七十年代以来，生态学的研究重点从研究自然生态系统过渡到主要研究人类生态系统，于是产生了生态与经济的结合。根据治理黄土高原的历史经验，更需强调生态和经济的统一。本地区过去土地结构调整（退耕还牧）的失败，往往来源于调整期间经济收入与农田粮食产量的下降。因此，在实行土地结构调整的同时必须切实解决好提高土地生产力的问题，做到结构调整与提高土地生产力同步，使生态效益和经济效益始终保持紧密的结合和统一^{〔3〕}。

基于以上4点原则，我们选择固原县上黄村设立综合治理实验区，经过3年实践，在结构调整方面已取得初步成效。1985年上黄村一级土地结构（农林牧用地结构）调整已圆满完成，农田结构调整也取得了初步成效。农耕地已由459公顷减为326公顷，占现有生产用地的24%；林地由29公顷增为287公顷，增长了10倍，占生产用地的20%；人工草地由14公顷增为600公顷，增长了40倍，占生产用地的43.4%。每人平均有农林草地分别为0.4、0.4和0.7公顷。林地与草地面积合计达60%以上。

由于对土地结构进行了合理调整，生态、经济效益也发生了显著变化，主要表现在以下几个方面：

1、土地生产力有较大提高。以1985年与前7年平均数比，总土地的生物量由124.2万公斤增为426.7万公斤，提高2.4倍。单位土地生产力：粮食单产由每公顷525公斤增为1,650公斤，油料每公顷由195公斤增为825公斤，草地每公顷由675公斤增为3,750公斤，分别增长2.1、3.4、4.6倍。

2、粮食产量有了明显增加。每人平均粮食由230公斤增为518公斤；饲草有余，牧业有了较大发展，以羊单位计，饲养量由1,800个增为3,600个，牧业收入由2,800元增为5.2万元；每人平均纯收入增加，由47.5元增为355元，提高了6.4倍。

3、掠夺式经营基本改变。过去上黄村不施用化肥，现在每公顷施25—35公斤；农家肥用量由每公顷4,725公斤增加到9,000公斤；过去每人平均烧草质燃料900公斤，其中烧粪占20%，烧草皮草根占18.3%，即破坏性能源占38.3%，现在已达每人平均1,050公斤草质燃料，烧粪减少44%。

4、水土流失有了一定减少。过去每平方公里流失量为5,000吨，现在由于植被有了显著增加，加之坡地施行了鱼鳞抗、反坡梯田等措施，对水土流失有了控制。据22个径流场测定资料推算，水土流失量减少了约50%。

在上述综合治理思想指导下，加上上黄村经验的推广，近年来固原县面貌发生了初步变化。1985年与1980年相比，种草面积由5,213公顷增加到1.87万公顷，增长258%；造林面积由1.8万公顷增加到6.5万公顷，增长259%；大家畜增长35%。粮食产量接近基本自给，每人平均净收入增加了两倍，水土流失有所减少，土壤肥力有了提高。

三、黄土丘陵区建立良性农业生态模式

结合固原县综合治理工作，我们探讨了黄土丘陵半干旱地区的土地生产力和建立良性农业生态模式问题。

1、生物生产力和牧业优势。根据实测数据加以综合推算，固原地区当前各类植物每公顷年初级净生产力（风干重，不包括根部）如下：

粮食作物	2,850公斤（籽粒部分975公斤）；
农田牧草	7,500—15,000公斤，平均9,750公斤；
轮荒地（荒山）人工牧草	2,250—9,000公斤，平均5,250公斤；
天然草场	525—1,500公斤，平均900公斤；
灌木	750—3,000公斤，一般低于1,500公斤；
乔木	在山旱地尚难以形成有效生产力。

如上所述，人工牧草的生物生产力最高，一般高出粮食作物2倍以上。如上黄实验区，1985年土地总生物量达426万公斤，较前7年平均124万公斤高出3.4倍，主要由于增加了人工牧草的种植面积（从13.9公顷增加到600公顷）。我们预测固原、彭阳两县按计划扩大人工种草面积后，1990年土地总生物量将达到143亿公斤，较1983年高出2.5倍，能量产投比将从1:2.5提高到1:4.8。

人工牧草在固原地区（温带草原）不仅具有最高的生物量，而且有较强的抗逆性。该县基本上无越冬粮食作物，人工牧草在一般年份可安全越冬。在干旱缺雨条件下，牧草由于有强大根系

和抗脱水力，较粮食作物生长正常，不易枯死。

由于人工牧草具有较高且稳定的生产力，这就为发展畜牧及其加工业提供了可靠的物质基础。据固原县综合考察资料，在气候影响下，本地区农作物生产稳定率为65%，牧草生产稳定率为82%。可见，发展畜牧业符合黄土高原半干旱地区的自然条件及经济特点，是固原地区的优势所在。

2、水分生产潜力和粮食自给问题。虽然干旱是影响本地区粮食生产力提高的主要限制因子，但目前农作物对天然降水的利用率很低，水分生产潜力未得到充分发挥。在3个有代表性的气候年份、6种地区类型、两种肥力条件下，我们对本地区主要粮食作物的研究结果表明，目前固原旱地粮食作物每公顷平均生产水平可达1,125公斤，耗水量280毫米，水分利用率4.0，作物在生长季节对土壤储水的利用程度为53.3%。根据该地区已达到的水分利用率上限(11.3)，及对土壤水的最大利用程度(70%)，预测近期粮食生产力为1,875—2,475公斤，远期可达3,000—3,375公斤。应用系统工程方法分析气候—土壤资源潜力，得出本地区光热水最大生产潜力为5,250公斤，影响气候资源潜力发挥的主要限制因子是土壤肥力不足。试验又证明，增加肥料投入，提高土壤肥力水平，可显著提高作物水分利用效率。由此认为，固原地区现阶段粮食产量低下的主要原因，不是降水不足(年平均降水量470毫米)，而是对土壤储水未能充分利用，以及单位水量生产效能太低所致。在采取水土保持耕作制的条件下，增加肥料投入以提高土壤肥力是尽快增加本地区水分利用效率和提高粮食单位面积产量的主要途径。根据预测的水分生产潜力，结合分析群众典型增产经验，经综合平衡后认为，在退耕还牧的同时，固原地区基本达到粮食自给水平(每人平均400公斤)是可以的^[4]。

3、大农业合理结构和综合治理。许多研究者和实践者早就认为，土地利用不合理，是造成黄土高原水土流失和经济发展缓慢的根本原因。因此，在综合治理中，将目前以农为主的单一结构调整到农林牧综合发展的优化结构，是改造黄土高原的前提。认识问题虽然比较统一，但到目前为止，尚缺乏大规模成功的实践。

一个问题是确定农林牧合理结构的用地比例。过去一般采用感性和经验的方法，难以做到确切的定量。我们根据生态学原理，应用系统工程方法，以最高的经济和生态效益为目标，对上黄村和固原县黄土丘陵区的合理农林牧结构及其用地比例进行了较深入的研究，取得了农林牧优化用地比例为1:1:3的结果。不同地区具体用地比例显然是不同的，但牧业用地应大于农林用地，对黄土丘陵大部分地区是适宜的。

第二个问题是，牧业用地中人工草地和天然草场的关系。据考察，宁夏南部山区天然草场的90%以上不同程度的退化，每公顷产草量仅525—1,500公斤，而栽培适宜的人工草地产草量可高出天然草场的5—10倍；加之，扩大人工草地也是兴牧促农，培肥土壤，加速农林牧综合发展的需要。因此，本地区今后在发展种草问题上应坚持以人工草地为主；强调人工种草的同时，亦不应忽视大面积的天然草场。企图以人工种草代替全部天然草场也是不现实的，两者并存才符合本地区的自然条件和社会经济因素，也是维持本地区生态平衡和发展畜牧业生产所必须的^[6]。根据固原县情况，近期内应以退耕地种草为主；在对天然草场实行轮封和加强改良的同时，用其≥20%左右的面积改种人工牧草是可行的。

再一个问题是用地结构调整的关键环节。我们认为，用地结构的关键环节在于农田结构的调整，即部分农田的退耕还牧。前面提到，当前人工牧草主要应在退耕地上发展，同时必须将草纳入正式轮作体系之中，因而要实行农田改制，即将目前单一的粮食生产种植制度改为粮草结合的种

植制度。做不到这一点，稳固的人工牧草基地难以建立，粮食产量也得不到稳定提高。在调查研究的基础上，我们为固原县（含彭阳县）制定了一个农田结构调整方案：1990年前，在有一定数量投入的前提下，在保证粮食基本自给的同时，可将25—30%的耕地退下来种草。这样，预测1990年时的农田经济效益（农牧业产值）将比1983年提高2倍，水土流失减少24%，土壤全氮含量提高28%〔6〕。

4、投入和转化。欲将目前处于恶性循环的生态系统转化到良性循环的轨道上来，没有一定数量的物质能量投入是不可能的，投入不合理也解决不了问题。当前国家对黄土高原贫困地区农业投资不少，在投资方向上也改变了以往重水利和农机，轻林牧的倾向。但又出现了一些新问题，主要是：投入不能与生产发展的不同阶段相协调，缺乏整体的投资目标；由于限制了某些必要的投入，使投资转化为整体效益和达到总体目标受阻。我们认为，对本地区的投入应有一个长远打算和整体设想，应当追求长远的和整体的投资效益，着眼于从根本上治穷致富和重建黄土丘陵区良性生态系统这个大目标。

农业投资重点建议（以固原县为例）

第一阶段	第二阶段	第三阶段
种草种树	畜牧数量和质量	畜农产品加工
基本农田建设	饲料加工	乡镇企业
水利建设	运输工具、乡村道路	其他
化肥	其他	

上述建议的侧重点，是强调把化肥、草树籽、牲畜、饲料加工作为投资的组成部分对待，投入方式（无偿、补贴、贷款等）可根据各种不同情况采用多种办法。至于投资阶段的划分更不是绝对的了。

5、建立黄土丘陵区良性农业生态模式问题。综上所述，在黄土丘陵地区应当建立一个适合农村经济发展的农业生态模式。我们认为，首先应当强调生态与经济的统一，不但考虑两者效益的一致，还应注意效益的协调，这是建立良性模式的前提。大家知道，水土流失是本地区的主要自然灾害，无疑是一个急待解决的首要生态问题。应当承认，水土流失是这一地区生态平衡遭受破坏，群众生活长期贫困的原因，但更应当看到，它是“贫困”和“破坏”的后果。因此，水土流失的最终解决必须依靠于振兴起来的计划商品经济和整个农村良性生态系统的建立，孤立地就水土保持抓水土保持，解决不了这样一个全局性的问题，这是历史经验已经证明了的。其次，农业本身是一个开放系统，建立良性农业生态模式不仅仅是一个农林牧协调发展的大农业问题，还必须考虑与工业、商业乃至整个计划商品经济的关系。一些学者提出建设“飞鸟型”的农村经济模式的建议是很有道理的。

问题看来是大而复杂，但根据我们在固原和其他一些地方的实践，当前在黄土丘陵地区存在的主要问题是农业结构不合理。因此，建立良性农业生态模式要解决的首要问题，是建立起一个合理高效的农林牧生态经济结构，没有这样一个结构作基础，其他都谈不上了。建立这样一个结构主要包括以下三方面的内容：

(1)确定结构的目标。在黄土丘陵区建立合理农林牧生态经济结构的目的，概括起来应当是：建成牧业基地，粮食基本自给；发展林业，有效保持水土；兴办农村工业，尽快治穷致富；即：牧业是商品性的，粮食是自给性的，林业是防护性的（指主要目的而言），而开展多种经营，兴办农村工业，则是治穷致富和进一步发展农村经济的必须步骤。从一定意义上讲，当前结构调整

的中心环节是建立商品性的畜牧业生产体系。这是从根本上解决本地区贫困落后面貌和形成良性生态系统所必须的。

(2)明确实现合理结构的技术路线。实行结构调整的一个重要步骤是实行退耕还牧。为解决退耕后的粮食问题，必须采取结构调整和同步提高土地生产力的技术路线。为此，应积极采取措施，制定一个退耕与提高单位面积产量的统一实施方案，包括为提高产量而必须投入的物质能量和技术装备。

(3)当前技术上的突破口。在用系统工程方法因地制宜地确定农林草合理结构所要求的种植比例和配置的基础上，大量种草和合理投入化肥是加速根治本地区“生态失调”“经济贫困”的突破口。种草，既是发展畜牧业的物质基础，又是改良土壤、增加肥源的重要手段和解决燃料不足的补充办法，同时也是恢复植被防止水土流失的重要措施。从全局看，草是农林牧三者之间的纽带，大量种草是恢复黄土丘陵区生态平衡、发展这一地区经济的突破口。当然，如上所述，牧草是否得以稳定发展，主要决定于两个因素：一是是否纳入了种植业体系，是否建立了更新轮作制度；二是在退耕种草的过渡时期，粮食产量是否得以提高。经研究和实践证明，退耕种草的同时要保证粮食稳步增长，必须加投适量的化肥。对黄土丘陵地区说，投入化肥的意义不单纯是一种当年增产的手段，更为重要的，它是实现我们所追求的良性农业生态模式的重要环节和必须步骤。

参 考 文 献

- [1]巨仁、陈国良：“农林牧优化生态经济结构的试验研究”，《水土保持通报》，1985年第3期。
- [2]巨仁、宋桂琴：“试论土地综合利用配置的镶嵌模式”，《水土保持通报》，1985年第3期。
- [3]山仑：“宁南山区种草种树应坚持三个为主，抓好三个关键”，《宁夏农业科技》，1984年第4期。
- [4]山仑、孙纪斌：宁南黄土丘陵地区主要作物的生产力和水分利用，《科学通报》，1986年第5期。
- [5]山仑、陈国良：“对加速宁南黄土丘陵地区农业发展的若干建议”，《宁夏日报》，1986年5月24日。
- [6]山仑、孙纪斌、邓西平：“黄土高原水土流失重点县农田种植制度的改革”，《水土保持通报》，1986年第1期、第3期。
- [7]辛业全等：“水土流失区旱地合理深施肥料的增产效益”，《水土保持通报》，1986年第1期。
- [8]刘忠民等：“水土流失地区退耕还林还牧保证增加粮食总产量的实验效果”，《水土保持通报》，1986年第1期。
- [9]山仑、李银锄：“黄土高原的水土流失防治和综合治理”，《干旱地区农业研究》，1984年第3期。

An approach to establishing a sound agro-ecological model for the seriously eroded loess hilly region

Shan Lun Cheng Guoliang Ju Ren Xin Yequan

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica)

Abstract

For a long time it caused soil erosion serious relatively and the people in Guyuan County with quite low living level for the increasing population, rare plantation, poor soil and shortage of "Three Materials". Having been adjusted during 1983 to 1985 in Guyuan County for the rational land use structure, the region is now with a higher productivity, an increased grain output and soil loss reduced greatly, the net income of the mass there has been increased for two times. In accordance with the comprehensive work, the ratio for optimized structure of land use of farming, forestry and husbandry is determined as 1 : 1 : 3. The key step to establish a sound agro-ecological model is to develop an available and efficient ecological economic structure of farming, forestry and husbandry. But if the soil conservation is performed only for soil conservation, it is impossible to solve the problem as a whole.