

# 固原上黄农业生态经济系统 建设试验示范研究

党增春 陈国良 徐学选

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

## 摘 要

通过对固原上黄试验示范区农业生产中存在问题的调查分析,拟定了该区农业生态经济系统建设的总体构思、优化配置方案及实施技术。通过8年试验示范,研究了该区农业生态经济系统的结构功能特征及其变化,论述了该优化模型的可信度,进而对黄土丘陵西部地区农业生态经济系统建设提出了看法。

关键词 农业生态经济系统 优化配置方案 系统结构功能

固原上黄村农业生态经济系统建设示范研究,始于1983年,目的在于探索黄土丘陵区建立良性农业生态经济系统的途径与技术。现经8年试验,系统的结构得到了进一步改善,生态经济效益显著提高。

## 1 示范区建设前的自然经济概况及存在的生态问题

### 1.1 自然经济概况

示范区位于黄土高原西部,宁夏南部黄土丘陵区的固原县河川乡上黄村。地势起伏,沟壑纵横,水土流失严重;土壤为黄土母质发育的黑垆土、黄绵土;气候属温和半干旱区,年均气温 $7^{\circ}\text{C}$ ;  $>10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2573^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量 $478\text{mm}$ ,干燥度1.55;植被为森林草原向干旱草原过渡的灌丛草原类型,是黄土高原尚存大片天然草场的区域,具有经营牧业和旱作农业的历史传统,是典型的农牧结合区。

示范区总面积为 $15.173\text{km}^2$ (合 $22759.5$ 亩),可利用面积 $20717$ 亩,人均 $28.6$ 亩。其中沟坡地占 $77.2\%$ ,沟谷地占 $6.3\%$ ,台地占 $7.5\%$ ,非生产地占 $9\%$ ,农耕地 $6884$ 亩,人均 $9.5$ 亩。

示范区辖4个自然村(回、汉各2),试点前(1982年),人口 $724$ 人。土地光秃裸露,林草面积率为 $3.1\%$ 。粮食总产 $16.97$ 万 $\text{kg}$ ,人均 $230\text{kg}$ 。80%的群众未解决温饱,人均收入 $47.5$ 元,大大低于全国农户当时人均收入 $270$ 元的水平。全系统物质流 $120.55$ 万 $\text{kg}$ ,能量流 $366.7 \times 10^{10}\text{J}$ ,价值流 $6.99$ 万元。每亩平均生物产量 $58.19\text{kg}$ ,折能 $1.04 \times 10^{10}\text{J}$ ,产值 $3.4$ 元,系统功能十分低下。

## 1.2 存在的生态问题

1.2.1 植被稀少,光能资源利用率极低 示范区总土地中除33%为农耕地外,人工林草地仅占3.1%,其余64%的天然草地几乎全为退化荒山裸地、牧草覆盖度仅约30%,光能利用率极不充分,年亩产草量只有35~60kg(干重)。如加上农耕地的生物产量,试区全年第一性生产量为120.6万kg,合每亩58.2kg,折能 $1.04 \times 10^{10} \text{J}$ ,仅占生长季(4~10月)光辐射量 $2371 \times 10^9 \text{J}/(\text{mu})$ 的0.04%。这与全国平均1%的光能利用率相差甚远。

1.2.2 土壤瘠薄,水土流失严重 由于植被稀少,土壤缺少覆盖保护,土壤侵蚀模数高达 $5000 \text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,折年侵蚀厚度4mm,流失有机质 $14 \text{kg}/\text{mu} \cdot \text{a}$ ,氮磷钾 $0.44 \text{kg}/\text{mu} \cdot \text{a}$ 。加之种植业长期实行轮荒种植,广种薄收和不施化肥,以致土壤越种越瘠,如主要耕种土壤黄绵土的有机质含量仅为5.0~7.0g/kg,全氮含量0.5~0.7g/kg,速效磷含量5mg/kg左右。

1.2.3 大农业畸形发展,系统物能流萎缩 由于实行单一粮食经营,并以农挤林挤牧,使大农业结构极不合理。在用地结构上,农地占33%,林地占2.1%,人工草地占1%,牧荒坡占64%;在经济构成上,农业占82.5%,林业占1%,牧业占9.1%。物质流,农业为61.4万kg,林业为1.08万kg,牧业为46.1万kg,林牧业总计为47.18万kg,也就是说占土地2/3的林牧业的物质流只占1/3农业的76%,近乎成倒比例关系,显然林牧业对农业的支持与促进甚弱。事实上,试区建点前林业近乎无收入(只约0.03万元),牧业也只有0.28万元,二者平均到6884亩农地上,每亩只有0.45元,无怪乎化肥、良种都无钱购买。由于林牧业物流、能流、价值流萎缩,必然使种植业处于孤立无援的境地,以致产量低而不稳(多年平均亩产为35.5kg,波动率达40%),这是跛足农业的必然结果。

1.2.4 三料俱缺,人民生活贫困 三料是指燃料、饲料、肥料。建点前,38.1%的燃料靠畜粪和铲草皮、草根解决;由于草地生产力极低,约15亩草地才能养一只羊,致使每年平均超载526个羊单位;农田每亩投农家肥只315kg,从不使用化肥,近乎是白籽下种,要提高粮食产量,相当部分要靠倒山种植后轮歇地的肥力自然恢复来解决。加之人口增长迅速(增长率为3%),所以建点前人均粮只有230kg,人均收入47.5元,80%的群众处于半温饱状态。

综上所述,试区农业生态存在的主要问题是人口增长与生产力发展极不平衡,资源环境的利用与保护出现了尖锐矛盾,生态经济严重失调。

## 2 示范区农业生态经济系统建设的总体构思

生态经济系统工程原理中有句名言,即确定目标比实现目标更重要,目标不明就会造成全盘失误。试区建设前存在的问题,我们认为最根本的就出在农业发展的主导思想上。当时是为了粮食,不惜牺牲资源、环境与林牧业的主导思想,结果是不仅粮食没能搞上去,反而造成了一个严重的生态经济失调综合症。为此,我们根据试区资源特点、优势,现存的生态经济问题,群众生活需要等,通过对试区的综合考察分析,提出试区良性生态经济建设的目标、途径、步骤、效益等总体构思。

### 2.1 建设目标

合理利用土地,有效保持水土;提高旱作产量,实现粮食自给;大力造林种草,改善生

态环境;建立牧业基地,发展商品经济;讲求经济效益,尽快脱贫致富。

## 2.2 建设途径

2.2.1 建立农林牧优化结构,这是整治生态失调的基础和首要课题。只有通过这一途径,才能实现土地合理利用与农林牧有机结合并强化系统的物能流,以提高系统的总体功能。

2.2.2 实行提高粮食单产、退耕种草、发展牧业三同步,以解决群众急需粮钱的困难,使结构调整能顺利进行。否则群众迫于眼前的生活需要,将不愿自觉进行结构调整,良性农业生态经济的设想也就成了一句空话。

2.2.3 研究、应用适用增产技术,以充分利用水土资源,提高各子系统的生产力与物能流。

2.2.4 实行物质能量多层利用,如秸秆过腹还田、粪肥发酵产能利用等。

## 2.3 阶段与步骤

2.3.1 草灌先行,恢复植被,建立良性生态基础,约需5年。

2.3.2 巩固林草,实行农牧结合,提高粮食产量与牧业收入。使系统稳定走向良性轨道,约需5~8年;实行工商综合经营,物能流多层利用,达到大系统高效稳定,群众普遍致富,约需8~10年。

## 2.4 效益

近期(1990年):把试区建成农林牧结构基本合理、生态经济良好、人均收入达到或超过全国农村平均水平的示范样板。具体效益指标为:人工林草面积率达40%,水土流失减少50%,人均收入500元,人均粮500kg,草质燃料900kg,产投比达5:1。

远期(2000年):将试区建成稳定的农业生态经济系统,人工林草面积率达50%~60%,水土流失减少60%~80%,人均木质燃料900kg,人均粮钱双过千,产投比8:1。

# 3 示范区建设的优化方案及实施技术

## 3.1 优化方案

按照生态经济系统工程原理与多目标统筹兼顾的方法进行设计求算(Ⅲ),试区农林牧优化结构模式如表1。

注:(1)模型类型主要是指所使用的参数而言。现状模型使用的是历史平均水平参数;普通模型使用的是历史最好年的生产水平参数;潜力模型则使用潜在水平参数。(2)效益指数栏中,经济指数包括总产值、净产值、年增长率、产投比4项内容的加权平均状况;生态指数亦同,即包括林草盖度、水土流失、农地有机质年积累量、每人平均燃料水平4项的加权平均状况。指数求算方法为:某方案的实际效益数/各方案中效益最大数,即 $E_i/E_{max}$ , $i$ 为方案号、 $E$ 为模式的某项效益, $max$ 代表某项效益之最大者。(3)潜模中的8—2(Ⅱ)、(Ⅲ)模型均是以8—2(Ⅰ)模型为基准后,通过倒推和适当修正而得。

由表1可见:

3.1.1 农主型效益最差,林主型稍好,林牧并重型中等,而以牧主型为最好,其经济增长率大于8%,产投比大于5,每人平均粮油水平较好;

表1 上黄村1983—2000年农林牧结构与经济开发战略模式分析

模型类型	方案号	战略开发	人口数	用地结构(%)						各业投入(万元)			产投比		
				一级结构			二级结构			林业	牧业	合计			
				农地	林地	牧地	粮	豆	油					乔木	灌木
现状	0	农牧	771	40	21	1	81	9	10	100	0	—	—	1.8	3
普通模型	1	牧	771	24	8	66	76	15	9	100	0	3.1	7.1	14.2	5
	2	林	771	31	42	27	62	15	23	12	88	6.9	2.4	14.0	3
潜力模型	3	林牧并重	771	20	36	44	72	17	11	12	88	6.9	4.6	16.6	4
	8-2(I)	牧	1300	24	20	56	75	14	10	21	79	4.3	5.9	14.7	5
	8-2(II)	牧	917	24	20	56	75	14	10	21	79	4.3	5.9	14.7	5
8-2(III)	牧	791	24	20	56	75	14	10	21	79	4.3	5.9	14.7	5	

  

方案号	经济效益			生态效益			效益指数			综合位次	实施年代			
	产值结构(%)		每人平均纯收入(元)	年增长率(%)	年有机质积累(%)	泥沙减少(%)	每人平均燃料(kg)	经济指数	生态指数			平均		
	农业	林业											牧业	粮(kg)
0	92	3	5	0	288	12.5	30.5	<1	<0	0.21	<0	0.10	5	1980*
1	27	4	42	27	337	24	388	8	0.03	0.89	0.85	0.87	2	1983—1985
2	39	19	27	15	361	24	230	4	0.03	0.52	0.89	0.71	4	1983—1985
3	25	12	38	25	340	24	308	7	0.03	0.62	0.93	0.78	3	1983—1985
8-2(I)	26	12	38	24	340	39	245	9	0.033	0.84	0.93	0.89	1	2000
8-2(II)	26	12	38	24	482	55	346	9	0.033	0.84	0.93	0.89	1	1990
8-2(III)	42	0	47	11	550	63	213	9	0.033	0.84	0.93	0.89	1	1985

\* 1980系历史最好年的实际资料

3.1.2 在牧主型模型中,潜模的功能大于普模的功能 如均以1990年为预测年的话,普模与潜模的每人平均粮油量与纯收入(已由80年价折为现价)分别为305.5kg,21.5kg,652元和482kg,55kg,692元。故实验应选用潜模进行实施。

3.1.3 潜模中所用潜在参数为中等生产水平(即达理论潜力50%的生产水平) 因此模型在1990年时效益达到最高,以后随着人口的增加则效能相继下降,该模型仅能作中期选用。当模型效能达到顶极时,则应采用80%的潜力参数进行修正,这一工作,我们计划在“八五”进行。

3.1.4 作为实施的潜力模型8—2方案,其最佳农林牧结构分别为农地24%,林地20%,草地56%,总投资14.7万元 其系统功能到1990年时可达每人平均粮450kg,油料55kg,收入400~600元,产投比5以上,水土流失减少50%~90%,且牧业产值占30%~50%,全面地满足了生态与经济的多目标要求。

### 3.2 优化方案的实施技术

3.2.1 搞好主体配置 为直观体现模型的定位,按照黄土丘陵区的地貌特点及各类土地的适宜性,上黄试区的主体配置原则是:崮草、坡灌、沟乔、平缓土地用着林,即草帽子、农身子、乔鞋子。

3.2.2 推行一先行、二侧重、三同步的技术路线 一先行:即草灌(木)先行,以增加绿色植被。二侧重:即侧重抓草,侧重增加肥料投入,以提高草地载畜量和旱农产量,促进农牧结合。三同步:即种草种树;发展牧业林果;提高粮食产量。

3.2.3 应用系统工程原理与方法进行生态建设设计 使系统建设中各业结构、投入、人一地关系等能作出较好控制,使模型预测结果得到较好验证,可信度达90%以上。见表2

3.2.4 制定并坚持了可行的配套战略,即六“以”方略 “以土地合理利用和农林牧优化结构建设为中心,以农牧结合为主体,以草灌先行为突破口,以改土设防、拦蓄降水为基础,以肥料投入增加粮食产量为动力,以脱贫致富为目标”。

3.2.5 农业开发 以增施肥料为突破口,并辅以农田结构调整,良种与高产模式栽

表2 固原上黄试区农林牧优化结构模型检验表

时期	模型检验	人均粮 (kg)	人均油 (kg)	人均收入 (元)	人均柴 (百kg)	产投比	植被度 (%)	减沙 (%)	系统总体 功能增值 (%)
1985年	模型预测	550	63	425	9	5	64	53	1982年人均收入47.5元,1985年达355元,提高640%
	实施结果	518	53	355	9	4	54	54	
	实现率(%)	94	84	84	100	80	85	100	
	平均信度(%)	90							
1989年	模型预测	482	55	692	9	5	55	90	1989年人均收入按可比价为587元,较1985年提高65%
	实施结果	533	69	587	9	5.4	48	61	
	实现率(%)	100	100	85	100	100	89	63	
	平均信度(%)	92							

培技术; 牧业开发, 以种草为突破口, 辅以草种引选、种植技术; 畜群调整, 提高商品率。

## 4 示范区建设前后系统结构功能特征分析

### 4.1 系统结构变化

#### 4.1.1 各业用地结构变化: 如表 3

表 3 上黄村农林牧用地结构

用地比例%	农 业		林 业		牧 业	
	平地	坡地	乔木	灌木	人工	天然
1982 年	15	18.2	2.1	0	1.0	63.7
1990 年	16	12	4	13	29	26
1983—1990 年平均	15.2	9.1	5.1	12.1	29.2	29.3

即调整前农地占 33.2%, 林地占 2.1%, 人工草地占 1%, 牧荒坡占 63.7%。调整后 8 年平均, 农地占 24.3%, 减少 1 840 亩; 林地占 17.2%, 增加 3 100 亩; 人工草地占 29.2%, 增加 5 800 亩; 牧荒坡占 29.2%, 减少 7 000 亩。

#### 4.1.2 经济结构变化: 如表 4

表 4 上黄村农业经济结构

比例(%)	农业	林业	牧业	工副业	总收入(万元)
1982 年	81.6	2.6	3.9	11.9	4.9
1989 年	59.3	1.0	16.9	22.8	51.4
1983—1989 年平均	56.5	1.0	16.9	25.6	32.3
1986—1989 年平均	47.8	1.0	19.7	31.5	40.55

由表 4 见: 调整后至 1989 年, 农业总收入较初期增长了 9.5 倍。以“七五”平均计, 农业总收入增长 7.3 倍。大农业结构中, 农业收入比重由 82% 下降为 48%, 林牧业收入比重由 6.5% 上升为 20.7%, 提高了 2.18 倍。基本上改变了单一农业经营局面, 林牧业, 尤其是牧业已显著发挥了效益, 以农牧结合为主体的优化结构模式已展现出美好前景。

### 4.2 系统功能变化

4.2.1 生态功能变化 林草面积率显著增大, 已由 3.1% 提高为 46.4%。光能资源利用, 较建设前的 0.04% 提高 4.8 倍。现在的作物生物产量为 330kg/mu, 牧草生物产量为 253.5kg/mu, 作物牧草地生长季光能利用率平均为 0.23%。水土流失量经拟合方程计算, 建设后较建设前减少了 60%。农田肥料投入, 建设前亩投有机肥 1.47kg, 化肥为 0; 建设后亩投有机肥 2.93kg, 化肥为 2.77kg(纯量), 总量为 5.7kg, 较建设前提高 2.9 倍。草地载畜量, 建设前为 1 224 个羊单位, 超载 530 个; 建设后, 年平均为 3 652 个。

4.2.2 经济功能变化 人均纯收入, 已由建设前的 47.5 元增为 751 元超过全国农户平均收入 121 元。人均粮, 建设前为 230kg, 建设后平均为 393kg, 提高 70.9%。产投比, 建设前农田为 3.6:1, 建设后为 7.2:1, 全系统为 43:1。粮食亩产, 建设前为 36kg, 建设后平均为 81kg, 提高 125%。牧业收入, 建设前为 0.28 万元, 建设后平均为 5.46 万元,

高 18.5 倍。

4.2.3 社会效益变化 居住面积,建设前人均  $13\text{m}^2$ ,现人均  $17\text{m}^2$ ,提高 30.8%。家庭耐用品,建设前户均 49 元,建设后 1 210 元,提高 13 倍。副食消费,建设前人均 28 元,建设后 121 元,提高 3.3 倍。燃料,建设前户均烧煤 469kg,建设后年户均 1 569kg,提高 2.3 倍。脱贫率,建设前 20%,现全部脱贫,且有 25% 的农户年人均粮已有 400kg,人均年收入 1 000 元以上。

4.2.4 系统总体功能变化 系统抗逆性,建设前为 55%,现为 73%,提高 18%。系统三,物质流在建设前为 120.6 万 kg,现为 264.5 万 kg,提高 119%;能量流在建设前为  $366.7 \times 10^7\text{kJ}$ ,现为  $1079.2 \times 10^7\text{kJ}$ ,提高 194%;价值流在建设前为 6.99 万元,现为 58.17 万元,提高 7.32 倍。

## 5 对黄土丘陵西部地区农业生态经济系统建设的几点认识

### 5.1 农牧结合,综合发展是黄土丘陵西部地区农业生态经济系统建设的主体模式,它具有良好的经济效益和抗灾能力

本示范区位于黄土高原中偏西部,其地貌、气候、用地结构大体能代表宁南、陇东陇中、青东和陕西西北部 5 省(区)的黄土丘陵地区约 16 万  $\text{km}^2$  的范围,约占黄土高原面积的 1/3,共有 54 县 1 487 万人,是黄土高原典型的贫困地区。故固原上黄农业生态经济系统建设示范,将对黄土高原西部的农业发展有其重要的指导意义。

上黄示范区建于 1983 年,由于方向和措施适宜,获得了显著的生态经济效益。“七五”期间,连续遭到 4 年干旱的严峻考验,但示范结果证明,无论丰水年还是干旱年,坚持以农林牧优化结构建造为中心,以农牧结合为主体的综合治理方向效益是显著的,系统的抗灾能力是好的。

“七五”4 年干旱,在人口增加 15.3%,作物播种面积减少 13.2% 的情况下,粮食平均亩产 78.6kg,人均粮年均 414kg,人均年收入 511 元,年均饲养单位 3 724 个,分别比“六五”平均增长 21.5%,13.1%,109%,1.7%。以上数字说明,上黄的治理方向与优化结构在连续干旱 4 年的情况下,仍保持好的发展势头。

黄土丘陵西部地区的土地与气候资源,决定着农村经济发展应走农牧结合的道路。上黄试区近两年农业现金总收入为 16.16 万元,牧业现金收入 5.8 万元,占总收入的 36%,已成为农民购肥买畜、烧煤、建屋的重要财源。因此在这类地区,种草养畜、农牧结构应是促进粮食生产和建立良性农业生态系统的主体。

### 5.2 黄土丘陵区实施综合治理中,粮食仍就是众多问题的焦点,其突破口仍然是肥

按上黄低温干旱的自然条件,降水资源的理论潜力可达 350kg 以上,其它地区热量水分条件均高于或类似于上黄的条件,亩产潜力应高于 350kg 以上,但目前仅为 100kg 左右。出路何在?首要的是肥,其次是土(指坡改平),三是良种,四是栽培,几者不可忽视。按上黄试验结果,亩施化肥 15~20kg(实物量)是不会减产的。黄土丘陵区目前亩投化肥 7.7 kg,远远不能发挥降水资源的利用,故提高黄土丘陵区粮食产量仍应继续以化肥为突破口,并注意 N、P 合理搭配。如能亩施达到 15kg,产量由低产变中产(150~200kg)是可能的。增加化肥投入,不仅可大幅度增加粮食产量,而且能促进退耕还牧还林,发展牧业林

果,改善生态经济环境。

### 5.3 对黄土丘陵区的综合治理,要达到生态经济效益兼顾,治理开发结合

解决群众眼前存在的诸多问题和逐步奠定造血功能,不仅在治理初期,而且在以后较长时期,也应尽可能做到“提高粮食单产,种草种树,发展牧业林果”三同步。忽视任何一环,都可能重蹈单一粮食经营的跛足农业老路。

#### 参考文献

- [1] 臣仁, 陈国良等. 固原上黄试验区农林牧最佳生态经济结构与设计方法. 水土保持通报, 1985年第2期  
 [2] 陈国良, 郭宝安, 穆兴民. 上黄村合理用地结构和数字模式研究. 水土保持学报, 1988年第2期  
 [3] 陈国良, 山仑, 臣仁等. 黄土丘陵区农林牧优化生态经济结构定位试验的效益与启示. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1990年第11期

## EXPERIMENT AND EXEMPLARY OF THE CONSTRUCTION OF AGRICULTURE-ECOLOGY-ECONOMY

*Dang Zengchun Chen Guoliang Xu Xuexuan*

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

### Abstract

To analyse the existing problems on the agricultural production in Shang-huang Experiment and Exemplary Area, Guyuan county, the authors have drafted the overall conception, the optimum disposition programme and the implementing techniques for the construction of agriculture-ecology-economy system in this area. By experiment and exemplary, about eight years the authors analysed the characteristics of structure function and its changes for this system, and discussed the reliability of the optimum models and then put forward the suggestion for the construction of agriculture-ecology-economy system in the western loess Plateau.

**Key words** agriculture-ecology-economy system  
 the optimum disposition programme  
 the functions of system structure