

# 半干旱黄土丘陵区 农业生态系统能量流动初探

赵满礼 祁德才 马国忠 沈健宏

(宁夏固原县科委 宁夏固原县)

## 提 要

本文通过对上黄村实施农林牧优化结构调整前后,农业生态系统能量供求状况的研究,认为实行以优化结构为中心的综合治理及注重对系统的物质能量输入,是农业生态系统由恶性向良性循环转化的有效途径,也是解决黄土高原丘陵地区农业生产问题的重要措施。

关键词:黄土丘陵 农业生态系统 能量

## A Preliminary Study on the Energy Flow in Agricultural Eco-system in Semi-arid Loess Hilly Area

Zhao Manli QiDecai Ma Guozhong Shen Jihong

(Guyuan Scientific Committee, Ningxia Hui Autonomous Region)

## Abstract

By comparing the states of energy flow in agricultural eco-systems before and after adjusting the agricultural, forest, animal husbandry ratios, the comprehensive harness which takes the optimizing structure as the central task and lay stress on the putting material and energy into the eco-system were regarded as the effective steps to turn the agricultural eco-system from a vicious circle to a fine circle, and were also regarded as a main measure to solve the agricultural production problem in Loess Hilly Area.

**Key Words:** loess hill agricultural eco-system energy flow

当今世界人类的经济活动对环境的影响越来越大。本文应用生态学原理,以宁夏固原县上黄村为实例,对该村实施农林牧结构调整及综合治理前后农业生态系统的能量流动状况进行了研究。综合治理前农业生态系统内物质、能量的供求关系失调,供不应求;而综合治理后,物质和能量的供求关系渐趋平衡,系统较稳定。说明综合治理是生态系统由恶性循环转化为良性循环的有效途径。

## 一、概 述

上黄村位于宁夏南部黄土丘陵区,东经 $106^{\circ}26' \sim 106^{\circ}30'$ ,北纬 $35^{\circ}59' \sim 36^{\circ}3'$ ,海拔1561~1795m,总土地面积 $15.173\text{km}^2$ 。气候属温带半干旱类型区,年平均温度 $7^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温

2 573℃, 多年平均降雨量472mm, 年干燥度1.55, 无霜期152天, 土壤侵蚀模数5 000t/(km<sup>2</sup>·d)。

1982年土地利用方式为: 农地6 884亩, 占总土地面积的33.2%, 林地430亩(乔木), 占2.1%, 人工草地203亩, 占1%, 牧荒坡与轮垦地13 194亩, 占63.6%, 非生产用地2 038亩, 占9%。

1983年开始实行农林牧结构调整及综合治理, 截止1988年, 农地为4 978.5亩, 占总土地面积的21.9%, 造林保存面积2 200亩(灌木1 400亩乔木800亩), 占9.7%, 人工草地4 500亩, 占19.8%, 天然牧荒坡9 043亩, 占39.6%。值得说明的是1987年大旱(50年一遇)将林草破坏了相当一部分, 1988年的面积是破坏后保存的。

## 二、研究方法

(一) **系统边界的确定** 我们把上黄村作为一个农业生态系统来研究, 以行政界限作为系统的边界。

(二) **系统组分** 以上黄村农业生态系统的主要组成因素为系统的组分, 并以实际的生物量折合能量。没有进行太阳辐射能和二氧化碳固定等测定, 只从宏观角度来探讨农业生态系统的能量流动和平衡问题。生产者: 农作物、乔木、灌木、牧草; 消费者: 人、家畜、家禽; 分解者: 包括以土地为中心的微生物群落。

(三) **系统时段划分** 为比较综合治理前后系统能量流动的变化情况, 探讨在黄土丘陵区实施以农林牧结构调整及综合治理的宏观生态、经济、社会效益。以1977~1982年6年为一个区段, (简称治理前、下同), 该区段内平均人口689人, 劳力290个, 畜、禽平均年饲养量: 牛70头, 驴102头, 骡马14匹, 猪163头, 羊821只, 鸡477只, 兔34只。以1983~1988年6年为一个区段, (简称治理后、下同), 该区段内年平均人口815人, 劳力325个; 畜禽平均年饲养量: 牛127头, 驴176头, 骡马34匹, 猪149头, 牛803只, 鸡1 134只, 兔243只。

(四) **资料来源** 1977~1982年数据大部分来源于村队统计资料, 少部分是调查而得, 1983~1988年数据大部分是实验和实际测定的结果, 少部分是逐户调查结果。

## 三、结果分析

(一) **系统能量输入、输出情况** 上黄村农业生态系统的输入主要有化肥、有机肥、人力、畜力、机械、种子、苗木、饲料、饲草等。从系统外输入的有化肥、苗木等, 从系统本身循环产生的有有机肥、饲草等。如饲草, 它一方面是养殖业子系统的输入, 另一方面是草地子系统的输出。输出主要有粮食、油料、秸秆, 牧草、木材、薪柴、畜产品等, 结果见表一。

1. 输入能量结构分析。上黄村农业生态系统治理前能量总输入为 $14.4 \times 10^2 \text{J}$ , 其中种植业能量输入占总能量输入的18.6%, 林业占0.1%, 草业占0.1%, 养殖业占81.2%。按辅助能种类分, 则农家肥占11.0%, 种子占3.6%, 人力占2.5%, 畜力占2.9%, 精料占3.4%, 饲草占76.6%。

治理后能量总输入为 $21.73 \times 10^{12} \text{J}$ , 其中种植业占17.6%, 林业占0.6%, 草业占1.1%养殖业占80.7%。按辅助能种类分, 则农家肥占10.2%, 化肥占3.3%, 种子占3.4%, 人力占1.9%, 畜力占1.7%, 机械能占0.03%, 精料占5.7%, 饲草占73.8%。

表1 上黄村农业生态系统能量输入输出表

10<sup>12</sup>J

子系统	输入			输出		
	项目	1977~1982年	1983~1988年	项目	1977~1982年	1983~1988年
种植业	农家肥	1.68	2.21	粮食	2.54	5.21
	化肥	0	0.59	油料	0.16	0.66
	种子	0.51	0.59	秸秆	5.81	11.65
	人力	0.18	0.12			
	畜力	0.41	0.29			
	合计	2.68	3.83	合计	8.52	17.53
林业	种苗	0.007	0.10	木材	0.34	2.11
	人力	0.009	0.02	薪柴	0.04	0.64
	化肥	0	0.006	饲料	0.013	0.11
				枯枝落叶	0.006	0.06
	合计	0.016	0.126	合计	0.40	2.93
草业	种子	0.01	0.03	牧草	7.98	22.39
	人力	0.0008	0.028			
	畜力	0.0016	0.063			
	机械	0	0.0054			
	合计	0.012	0.24	合计	7.98	22.39
养殖业	精料	0.49	1.23	输出系统	0.023	0.15
	饲草	11.04	16.05	外产品		
	人力	0.15	0.24	自食	0.046	0.17
				畜力	2.11	3.79
				农家肥	1.93	2.85
	合计	11.69	17.53	合计	4.11	6.97

比较治理前后的能量输入情况,可以看出:治理后重视了能量的输入,总能量输入比治理前提高了50.9%,特别是增加了林草的能量输入,分别是治理前的7.9倍和19倍。治理前后的一个共同点是养殖业子系统的输入所占比重偏高。

2. 输出能量结构分析。上黄村农业生态系统治理前输出总能量为 $21.03 \times 10^{12}$ J,其中种植业子系统能量输出占总输出的40.5%,林业子系统占1.9%,草业子系统占38.0%,养殖业子系统占19.6%。

治理后能量总输出为 $49.82 \times 10^{12}$ J,其中:种植业子系统占35.2%,林业子系统占5.9%,草业子系统占44.9%,养殖业子系统占14.0%。

从能量的输出情况看,治理后能量总输出是治理前的2.37倍。林、草业分别是治理前的7.3和2.8倍。这说明,治理后重视了林草建设,农林牧结构趋于合理。

3. 系统输入输出比。上黄村农业生态系统治理前的总输入输出比例为1:1.46,其中:

种植业为 1 : 3.18, 林业为 1 : 25.29, 草业为 1 : 636.5, 养殖业为 1 : 0.35。治理后的总输入输出比例为 1 : 2.29, 其中: 种植业为 1 : 4.73, 林业为 1 : 23.30, 草业为 1 : 93.89, 养殖业为 1 : 0.40

从输入输出比看, 治理后, 系统的总体功能提高了, 种植业和养殖业比治理前功能不同程度的有所提高。林业和草业输入输出比为什么比治理前还小了呢? 因为治理前林业和草业表现为掠夺性生产, 基本上没有多少输入, 治理后虽有一定输入, 但效率不能一下提高很多。

(二) 系统平衡状况 系统的平衡与否, 主要看系统内生产者生产的物质能否满足消费者的需求, 如能满足则此系统是平衡的, 否则是不平衡的。

### 1. 人与畜、禽的需求情况。

(1) 消费水平。受自然条件和社会经济条件的制约, 在不同的地区, 不同的历史阶段具有不同的消费水平。根据我们的调查和测定。上黄村现阶段人、畜、禽的年平均农产品消费水平如下:

每个人的年平均消费水平: 粮食 250kg, 油料 16kg, 肉 9.5kg, 蛋 1.5kg, 燃料 925kg, 木料 0.02m<sup>3</sup>。

每个畜、禽的年平均消费水平: 精饲料牛 95kg, 驴 60kg, 骡马 200kg, 猪 15kg, 羊 5kg, 鸡 18kg, 兔 2kg; 饲草牛 2304kg, 驴 1536kg, 骡马 2560kg, 猪 512kg, 羊 512kg, 兔 36kg。

(2) 需求量。对某一物质的需求量等于总人口乘以每个人对该物质的消费水平。根据人与畜、禽的数量, 乘以上述消费水平 (折合成能量), 得到上黄村各农产品能量的需求总量。见表 2。

表 2 上黄村两时段诸农产品能量需求总量

时 段	粮 食	油 料	肉	蛋	燃料	木材	饲 草
1977~1982年	4.12	0.179	0.116	0.0071	11.78	0.127	15.21
1983~1988年	5.08	0.211	0.137	0.0084	13.89	0.150	16.06

### 2. 上黄村农业生态系统两时段农产品能量平衡状况。

能量供求平衡与否, 我们用下列公式表示:

$$\frac{M_{pi}}{M_{ci}} = 1 \dots\dots (1); \quad \frac{M_{pi}}{M_{ci}} > 1 \dots\dots (2) \quad \frac{M_{pi}}{M_{ci}} < 1 \dots\dots (3)$$

式中:  $M_{pi}$ ——第*i*种农产品能的提供量;  $M_{ci}$ ——第*i*种农产品能的需求量。

式(1)表示供给量与需求量平衡; 式(2)表示供给量大于需求量; 式(3)表示供给量小于需求量。将表 1 和表 2 的数据, 应用以上三式来计算, 则可得到能量的平衡状况, 见表 3。

表 3 表明: 治理前粮食、油料、燃料、饲草、肉均处于短缺状况。蛋和木材有盈余, 这是因为蛋在当地群众温饱尚未解决的情况下, 消费量不大; 木材只用于修房子和做简单的家具, 由于经济条件的限制, 绝大多数群众仍住窑洞, 故木材消费量偏少。这一结果说明, 综合治理前上黄

表3 上贵村生态系统两时段能量平衡状况

10<sup>12</sup>J

项 目		粮 食	油 料	肉	蛋	燃 料	木 材	饲 草
治 理 前	提供量	2.546	0.167	0.056	0.014	0.040	0.342	13.811
	需求量	4.117	0.179	0.116	0.007	11.789	0.127	15.213
	平衡状况	< 1	< 1	< 1	> 1	< 1	> 1	< 1
治 理 后	提供量	5.206	0.664	0.296	0.033	0.641	2.106	34.170
	需求量	5.181	0.211	0.137	0.0084	13.886	0.150	16.057
	平衡状况	= 1	> 1	> 1	> 1	< 1	> 1	> 1

村农业生态系统人与粮、畜与草、地与肥之间存在严重的不平衡。

治理后，粮食基本自给，大部分农户有余粮，油料、肉、蛋、木材、饲草均有较多盈余，燃料虽不足，但由于有灌木薪柴，煤炭及农作物秸秆的补充，基本可得到解决。由此可见，实行农林牧结构调整的综合治理是解决半干旱黄土丘陵地区农业生态系统由恶性循环向良性循环转化的有效途径。

#### 四、结 论

(一) 半干旱黄土丘陵区农业生态系统供求失调的原因在于农林牧结构不合理，各业生产优势没有得到发挥。因此，优化农林牧结构，调整各业用地比例势在必行。其次，违背自然规律，搞掠夺式经营，致使生态系统失调，造成“愈穷愈垦，愈垦愈穷”的恶性循环。增加对系统的物质和能量投入是维持农业生态系统平衡的关键。

(二) 处理好农业牧各业发展的比例关系，扬长避短，因地制宜，是促进各子系统(如林业、草业、畜牧业等)平衡的关键。因此，在“输血”的同时，要增加系统的“造血”功能和自我调节能力，处理为草与畜、地与肥、林与牧、管与用之间的矛盾，使大农业系统向良性循环发展。

(三) 应用农产品供求关系来评估生态系统的平衡状况具有普遍意义和现实意义。