

# 固原县上黄村农业生态系统能量分析

贾恒义 陈国良 程积民

中国科学院  
水利部 西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100

## 提 要

通过对宁夏固原县上黄村农业生态系统能量分析表明:能量投入是稳定增加的,而能量产出及产投比则具有波动性,但总的趋势是增加的。农业生态系统能量产投比波动在 0.44~1.93 之间,平均值为 1.36。由于化肥投入的增加,致使有机肥投入也在增加。人工辅助能(主要是无机肥)的增加,无论在丰水年、还是平水年,都具有良好的生态、经济和社会效益,同时上黄村新的农业生态系统具有较强的抗灾能力。

关键词: 上黄村 农业生态系统 能量

## Energy analysis of agricultural ecosystem in Shanghuang village of Guyuan county in Ningxia

Jia Hengyi Chen Guoliang Cheng Jinin

(Northwestern institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica  
and Ministry of Water Resources, Yangling Shaaxi · 712100)

## Abstract

The energy analysis in the agricultural ecosystem indicates that energy input is increased stably, Although both ration of energy output and output input are fluctuated, they trend towards increase in total. The ratio of energy output to input is changed from 0.44 to 1.93 with an average of 1.36. Input of organic manure is increased with the input of inorganic fertilizer. Increase of supplementary energy mainly chemical fertilizer produces a soundably ecological and Social benefit regardless of in the year with plenty of rainfall of with an averagy amount of precipitation. Meanwhile, the agricultural ecosystem in Shanghuang village possess strong capabity to resist natural calamities

**Key words** Shanghuang village agricultural ecosystem energy

农业生态系统能量流的研究,在我国农业生态系统中的提出和发展是近几年的事情。它在评价我国农业结构调整,提高农业生态系统的社会、经济和生态效益方面起着重要的作用。目前在我国各地进行的农业生态系统能量流的研究工作方兴未艾,类型众多,特点各异。

农业生态系统的能量流特征,在很大程度上取决于人们对该系统的调控和管理,即是农业生态系统中除太阳能以外的其它辅助能量。此辅助能不仅对农作物、牧草转化太阳能的过程产生决定性的影响,而且它控制着这些化学能的进一步分配和转化。集约农业生态系统较传统的自给型农业生

态系统增加了以化肥、农药和机械等辅助能源的投入,提高了太阳能利用率,提高了系统生产力,获得最大的生态、经济和社会效益。

我们试图通过宁南黄土丘陵区上黄村 10 多年农牧业生产过程中能量投入的分配和流动状况的分析,探讨黄土丘陵区农业生态系统的特征及其调控途径。

## 一、研究地区生态环境及其研究方法

上黄村位于宁夏南部黄土丘陵区固原县河川乡。海拔 1 600m,地形破碎,沟壑纵横,水土流失严重。土壤多为黄土母质上发育的黑垆土、黄绵土,气候属于温和半干旱区,年平均温度 7℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温 2 573℃,年均降雨量 478mm。

上黄村土地总面积 15. 173km<sup>2</sup>,可利用土地为 20 717 亩,沟坡地占 77. 2%、沟谷地占 6. 3%,台地占 7. 5%,非生产地占 9. 0%,农耕地 6 884 亩,人均地 9. 5 亩,人工草地每年保留在 3 500~7 000 亩之间。

该村具有旱作农业和经营牧业的传统,是典型的农牧业结合的村庄。

我们研究分析的农业生态系统中包括有农田生态子系统;草业生态子系统。各子系统间能量流是以观测和实验资料求得。

在能量研究和折算方面,国内外目前尚未有统一标准,且差异较大,为了统一标准,我们采用刘巽浩(1981 年)<sup>[2]</sup>的折算标准。

## 二、结果与讨论

### (一)农业生态子系统的能量投入和产出

1. 农田生态子系统的能量投入。农田生态子系统的总能量投入变化在 19. 935~31. 456 0 $\times 10^{12}$ J 之间,平均值为 26. 719 0 $\times 10^{12}$ J(见表 1),其中有机能占 95. 26%~98. 70%,平均值为 97. 05%;

表 1 农田子系统能量投入、产出和转化率

投入、产出		能量 $\times 10^{12}$ J			
		平均	范 围	标准差	变异系数(%)
投 入	劳力	5. 715 0	5. 027 0~6. 595 0	0. 538 0	9. 42
	畜力	6. 370 0	5. 364 0~6. 769 0	1. 457 0	26. 59
	化肥	0. 788 8	0. 259 5~1. 489 8	0. 396 7	50. 29
	有机肥	13. 071 0	6. 122 0~18. 940 0	4. 676 0	35. 77
	种子	0. 899 0	0. 702 0~1. 101 0	0. 149 5	16. 63
	合计	26. 719 0	19. 935 0~31. 456 0	4. 703 0	17. 60
产 出	粮食	5. 156 0	0. 799 0~10. 203 0	2. 762 0	53. 58
	油料	0. 870 0	0. 118 0~1. 786 0	0. 624 6	71. 80
	桔秆	10. 725 5	2. 303 0~18. 353 0	4. 653 8	43. 39
	羊肉	0. 951 8	0. 000 0~2. 784 0	1. 378 9	144. 87
	合计	18. 136 5	3. 220 0~32. 526 0	8. 519 1	46. 97
	有机肥/无机肥 产出/投入	22. 110 4 0. 658 2	10. 510 0~37. 00 00 0. 142 0~1. 056 0	10. 000 9 0. 271 5	45. 23 41. 28

注:试验资料为 1980~1990 年间观测,表 2 相同,以下皆同。

无机能占 1. 30%~4. 74%,平均值为 2. 95%。在生物能投入结构中,有机肥料占 50. 2%、劳力占 21. 9%、畜力占 24. 4%。有机肥料的投入占 50%以上,这是我国有机农业的基础。劳力、畜力占有有机能投入的 45. 0%以上,无机动力能投入甚少,这是宁南黄土丘陵区农田生态子系统能量投入的

重要特点之一。

在无机能投入结构中,目前主要是化肥能量的投入,且产出较多。我国各地能量产、投比与无机能投入呈正相关<sup>[9]</sup>,上黄村农田生态子系统的能量产、投比与无机能投入也呈正相关( $r=0.4199$ ),和全国其它地区结果相似,适当投入化肥,在正常气候条件下,增产效果显著。该区如仅靠有机能使农田生态子系统的物质循环难于扩大,转化率也难于提高。在目前情况下,无机能投入,特别是化肥的投入,是提高农田生态系统转化率,改善人民生活的起动力因素,这是黄土丘陵区农田生态子系统的另一重要特点。

上黄村无机能投入中,是以化肥投入为主,其中氮肥占 63.1%~82.9%;磷肥投入仅占 13.1%~36.9%。显然,在化肥中 N、P 比例不协调,应增加 P 的投入,调节农田生态子系统中营养关系,促进高产稳产。

2. 农田生态子系统能量产出。农田生态子系统能量总产出变化在  $3.2200\sim32.5260\times 10^{12}\text{J}$ ,平均值为  $18.1365\times 10^{12}\text{J}$ (见表 1),其中粮食能量占 22.84%~30.70%,平均值为 28.43%,油料能量占 3.66%~5.37%,平均值为 4.80%;秸秆总能量占 55.23%~71.52%,平均值为 59.13%;秸秆中一部分用作发展畜牧业,即能量在 8.73%以内,平均值为 5.25%,秸秆有相当一部分作为燃料后返回农田。

3. 农田生态子系统能量产投比。能量产投比变化在 0.142~1.056,平均值为 0.658,说明了农田生态子系统能量转化率是较低的。

## (二) 草地生态子系统能量投入和产出

1. 草地生态子系统能量投入。上黄村草地生态子系统能量投入结构,无论是人工草地,还是退耕地是较单一的,即人力和畜力(见表 2),总投入能量变化在  $0.2190\sim4.2190\times 10^{12}\text{J}$ ,平均值为  $1.9660\times 10^{12}\text{J}$ 。

表 2 草地子系统能量投入、产出和转化率

投入产出	能量 $k\times 10^{12}\text{J}$			
	平均	范围	标准差	变异系数
人工草地投入 劳力	0.3815	0.0280~0.8820	0.2903	16.09
畜力	1.0551	0.0583~2.9165	0.9451	89.57
退耕草地投入 劳力	0.3571	0.0980~0.6590	0.2337	65.45
畜力	0.4358	0.1210~0.8170	0.2848	65.37
合计	1.9660	0.2190~4.2190	1.4213	72.29
草地牧草总产出	17.7282	5.5050~32.0280	9.2382	52.11
牧业总产出	4.0453	1.2560~7.3080	2.1083	52.11
合计	21.7732	10.504~39.3330	11.3462	52.11
草牧产出/投入	20.6700	4.2440~48.0687	15.117	73.11

2. 草地生态子系统能量产出。能量产出结果较为单一,牧草和经畜牧业的转化,能量变化在  $1.2560\sim7.3080\times 10^{12}\text{J}$ ,平均值为  $4.0453\times 10^{12}\text{J}$ 。

3. 草地生态子系统能量产投比。能量产投比变化在 4.2440~48.06 之间,平均值为 20.67。说明上黄村草地生态子系统能量投入少,而产出是较高。

## (三) 农业生态系统能量投入、产出和转化率。

农业生态系统能量总投入在  $20.1540\sim34.4047\times 10^{12}\text{J}$ ,平均值为  $26.1503\times 10^{12}\text{J}$ ;而总产出在  $9.9810\sim61.5720\times 10^{12}\text{J}$ ,平均值为  $33.8266\times 10^{12}\text{J}$ 。产投比变化在 0.44~1.93 之间,平均值为 1.36(见表 3)。在农业生态系统中,农田生态子系统能量投入较高,而产出较低。就自然因素而言,水热资源不足,且匹配不均,光潜势难以发挥;人工辅助能的投入,尤其无机能中的化肥投入,仍

是能量产出的关键,目前不仅要注意氮肥投入,更要注意磷肥投入,协调 N、P 比例。草地生态子系

表 3 农业生态系统总能投入、产出和转化率

投入、产出	能量 $\times 10^{12}$ J			
	平均	范围	标准差	变异系数(%)
总投入	26.105 3	20.154 0~34.407 0	9.721 3	37.24
总产出	33.826 6	9.981 0~61.572 0	16.950 8	50.11
总产出/总投入	1.36	0.44~1.93	0.452 0	33.34

统能量投入低,而产出高。总体而言农业生态系统能量产投比有所提高。从能量方面来说,草业产投比高,而农田产投比低,只要农牧结合,互相促进,形成良性循环,在黄土丘陵区是有广阔前景的。

#### (四) 农业生态系统能量投入稳定性和产出波动性分析

农业生态系统作物产量的高低,是因自身特性和生态环境因素共同作用的结果,其作物对环境的适应性是作物生产的前提和基础。如果作物在特定的气候、生态环境下,可获得良好的生长发育和高产稳产,则说明作物对气候与生态环境是适应而协调的,反之,则说明二者不适应和不协调。在目前,人类在充分利用气候资源上主要是“顺天时”,按照气候及生态环境特点,趋利避害,扬长避短方法。

1. 农业生态系统能量投入的稳定性。上黄村农业生态系统能量投入从  $20.154 0 \times 10^{12}$ J 增加到  $32.990 0 \times 10^{12}$ J,一般呈稳定增加趋势,其中农田生态子系统能量投入从  $19.935 0 \times 10^{12}$ J 增加到  $31.456 \times 10^{12}$ J,但由于草地生态子系统生产管理特殊性外,一般能量投入是逐渐增加的(见图 1)。在农田生态子系统能量中,人工辅助能量投入结构中,劳力和畜力的动力投能,年际间虽有变化,但变异较小,一般认为是个常数。但有机肥的投入能,变化在  $6.122 0 \times 10^{12}$ J~ $18.940 0 \times 10^{12}$ J,呈稳定增加。在无机能量投入中,无机肥的能量投入从  $0.259 5 \times 10^{12}$ J 增加到  $1.489 8 \times 10^{12}$ J,一般它是稳定增加的。故有机肥与无机肥能量投入比从 37.00 降低到 10.51,虽有变化,但总趋势是在降低(见图 2)。这说明由于以无机肥为主的能量的增加,换来的有机肥能量投入也在增加。据统计,上黄村粮油生产的总产量与有机肥、无机肥投入量皆呈正相关( $r=0.493 7, r=0.534 4$ )。

所以,在上黄试区综合治理中,粮食生产成为众多问题的焦点,以肥料为突破口,为起动力的综合治理方略,8 年的试验研究结果表明,只有在一定的条件下,能量投入的稳定增加,无论在丰水年,还是在平水年,都取得了显著的生态、经济效益,而且新的生态系统具有较高的抗灾能力,也保持了良好的发展势头。

2. 农业生态系统能量产出的波动性。上黄村农业生态系统能量投入是稳定增加的,但能量产出受气候生态环境的制约呈波动性。能量产出从  $22.718 0 \times 10^{12}$ J 为起点,低产出仅  $9.981 0 \times 10^{12}$ J,高产出可达  $61.572 0 \times 10^{12}$ J,并在其中有所振荡。其中农田生态子系统能量产出起点为  $12.214 0 \times 10^{12}$ J,低产出仅  $3.220 0 \times 10^{12}$ J,高产出达  $32.526 0 \times 10^{12}$ J;草地生态子系统能量产出变化在  $10.504 0 \times 10^{12}$ J~ $39.333 0 \times 10^{12}$ J。(图 1)

农业生态系统能量产出的波动性必然影响能量产投比的波动性。农业生态系统能量产投比的平均值为 1.36,低点为 0.44,高达 1.93,为不对称振荡;农田、草地生态子系统有类似的振荡(见图 3、图 4)。农田生态子系统能量产投比远低于草地生态子系统能量产投比。农牧结合,互相发展,互相促进,农业生态系统能量产投比相对提高,但总体而言,仍低于全国 1.96<sup>[1]</sup>,说明该区农业生态系统能量转化率处于中低水平,若以农田而论,则更低。由此说明该区走农牧结合的道路是适合当地气候生态环境的。

从农业生态系统能量投入、产出和产投比结果分析表明,上黄试区经过 8 年的试验,以土地合

理利用为方向,以改土设防,拦蓄降水为基础,以农林牧优化结构为中心,以农牧结合为特色,以草

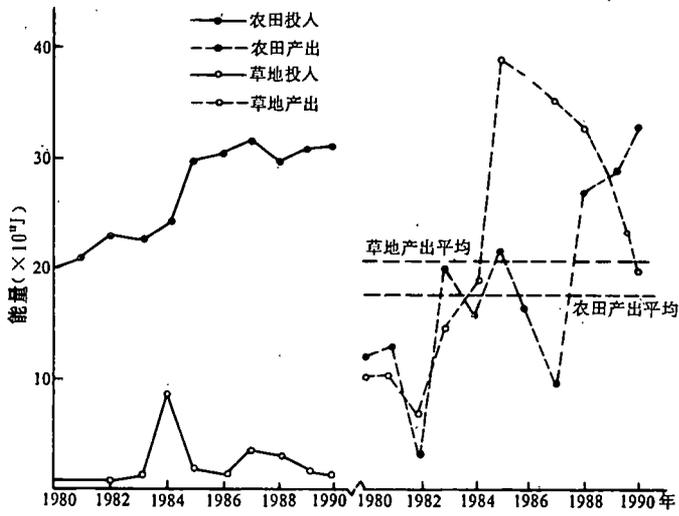


图 1 农业生态系统能量投入、产出年变化

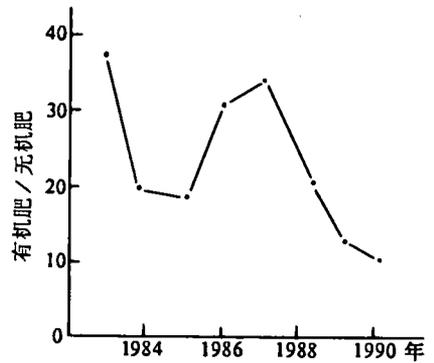


图 2 有机肥/无机肥能量年变化

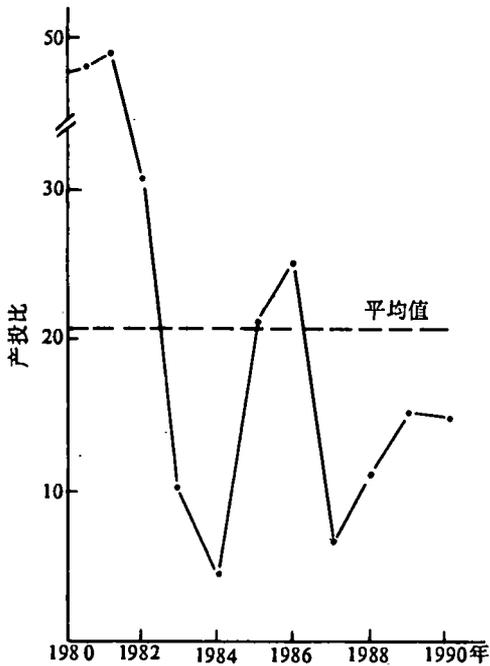


图 3 草地生态系统产投比年变化

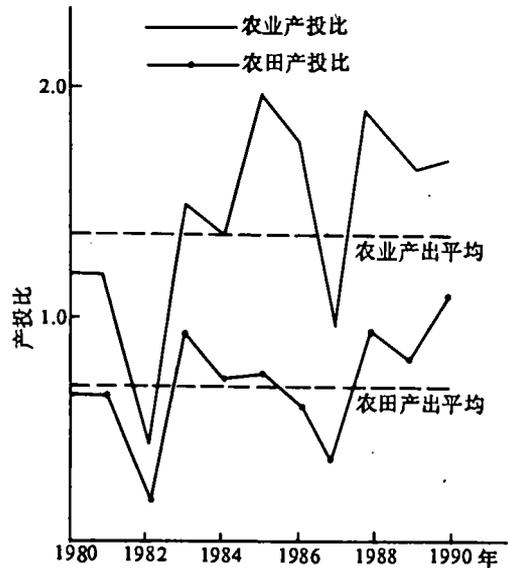


图 4 农田生态系统产投比年变化

灌先行为突破口,以肥料投入为动力,以脱贫致富为目标的综合治理方略具有良好的生态、经济和社会效益,并具有稳定的抗灾能力,在宁南及黄土丘陵区具有重要现实意义。

本文系上黄试区各课题组共同试验观测的资料,由本文作者计算整理成文,特此说明。

参 考 文 献

(1)刘巽浩.我国不同地区能量转化率的初步研究.北京:北京农业大学出版社,1981年  
 (2)刘巽浩.能量投入产出在农业上应用.《农业现代化》,1984年  
 (3)Han Chunru et al;1985 Agr. Ecosystem and Environ.