

# 半干旱黄土丘陵区旱作农业增产 技术体系实验报告\*

刘 忠 民

## 摘 要

该实验以退耕种草和提高农田生产力同步,建立农牧结合制为核心,以输入能量为动力,经过4年实践获得预想结果:在退耕农田29%种草,实行草田轮作的同时,农田粮食总产增长1.17倍,生物学总产量增长86.9%;人均粮食和油料分别增长1.11倍和3倍;人均农田收入较实验前增长3.38倍;土壤中残留有机物总量增长193%,有机肥料总量增长104%,化肥用量减少55.3%,农田生态开始向良性循环转变。

固原县位于黄土高原西部,大部分为半干旱地区。长期以来,粮食单产一直徘徊在525—675 kg/公顷。人民生活贫困,吃粮靠返销,花钱靠救济。1979年以来,全县进行了综合考察,从生态农业的观点制订了“以牧为主,兴牧促农,农林牧综合发展”的生产建设方针和“建成牧业基地,粮食基本自给,发展林业,保持水土”的建设目标。从这一方针和目标出发,兴牧促农是主要环节,退耕种草则是关键步骤。然而在当时人民生活贫困,不能温饱,粮食、畜草、肥料、燃料等供需矛盾并存的情况下,退耕种草谈何容易,即使勉强退耕也很难稳定。因此,必须首先解决提高农田生产力的问题,实行退耕种草和提高农田生产力同步的技术路线。为此,我们选择了固原县河川乡上黄村进行实验。四年来,获得了良好效果,农田生产力大幅度提高,农田生态系统由恶性循环开始向良性循环转变。

## 一、实验区基本情况

上黄村属半干旱黄土丘陵区,地形起伏,沟壑纵横。热量不足,年平均气温7℃,≥10℃积温2573℃,无霜期152天。降水量少,分配不均,年平均降水量472.8mm。8—10月份降水59.6%。干燥度1.55,4—5月干燥度为2.49。自然灾害频繁,尤以干旱突出,春夏连旱频率为64%,夏秋连旱为27%。

全村(1982年)有农户124户,712人,耕地458.93公顷,人均0.647公顷。土壤有普通黑垆土,淡黑垆土,淤土,细黄土,以细黄土为主,年平均每公顷施用农肥4725kg,从不施用化肥,土壤有机质含量为0.845—1.12%,全氮量为0.0829—0.1017%,水解氮36.3—39.3ppm,全磷为0.129—0.154%,速效磷10ppm以下。

单纯粮油作物种植,粮田面积占农田面积87%,油料作物占13%。广种薄收,耕作

\* 参加工作的还有吕廷会、宋万才等同志,山仑研究员对本项工作进行了指导,在此表示致谢。

粗放,技术落后,用地养地脱节,掠夺式经营。

经济收入少,人民生活贫困,长期依靠国家返销粮和救济款过活,处于不能温饱状态。据统计(22年),粮食平均总产16.97万kg,平均亩产529.5kg/公顷。人均有粮:60年代为388kg,70年代266kg。历年平均总收入5.6万元,人均纯收入47.5元。“三料”俱缺,生态经济严重失调,粮、草、肥、柴供需矛盾突出,连锁反应,长期无法摆脱。

## 二、实验技术路线

根据生态学原理,半干旱黄土丘陵区农业,作为由土壤、植物、动物、大气和人构成的一个农田生态系统,其功能受到人为因素和气候因素的制约更为突出,这就有了改善这个系统环境、提高系统功能的机会和可能。

由于人口增长对粮食需求矛盾加剧,导致乱垦滥伐,植被破坏,地面光秃。水土流失严重,广种薄收,掠夺式经营又使土壤肥力愈下,生产力愈来愈低,进一步加强了粮、草、肥、柴供需之间的矛盾,周而复始使农田生态严重失调,处于恶性循环之中。由此可见,改善植物生存、生长的条件——提高土壤肥力是提高系统功能的关键。众所周知,靠封闭式的系统本身来改变这种状态,几乎是不可能的,至少是漫长的。必须从系统外输入一定的能量。在目前最有效的途径就是增施化肥。试验证明,其效果是很显著的,可尽快提高土地的生产力,增加第一性产物和粮食。此种以施用化肥为突破口,推动系统功能向良性转化,我们称为“以无机换有机”的过渡措施。

为使农田生态系统功能得到稳定提高,还必须改革单一的农作制为农牧结合制,建立合理的轮作体系(粮豆轮作,粮草轮作),做到用地养地结合,才能达到改善农田环境的目的。

对于气候因素,则根据当地的自然规律,实行农田作物结构调整,使作物的生长发育与生态环境相统一,兴利除弊,以利发挥农作物和土地的生产潜力。同时,对落后的施肥制度、耕作栽培技术、品种、田间管理等方面也予以科学的改革或改进。

这就构成了以退耕种草和提高农田生产力为中心,以改革种植制度为基础、提高系统功能、恢复和建立稳定高效的良性循环的农田生态系统为目的旱作农业增产技术体系。

## 三、实验结果

### (一)农田生产力大幅度提高

由于正确实施了旱作增产技术体系的一系列技术措施,实验区实现了退耕种草与提高农田生产力同步的设想。在退耕农田29%种草养畜的同时,农田生产力得到较大幅度提高(见表1、2及图1、2)。

#### 1. 粮食作物(1983—1986):

(1) 籽粒:粮食单产4年平均每公顷1360.5kg,较历年平均529.5kg增产1.57倍,较历年最高772.5kg增产76.1%,总产平均36.81万kg,较历年平均总产16.95万kg增产1.17倍,较历年最高总产24.15万kg增产52.4%。

(2) 生物学产量(籽粒和秸秆):每公顷平均3915kg,较历年平均1474.5kg增产

表1 1983—1986年 粮 食 产 量 变 化

年份	人口	面 积 <公顷>	单 产 <kg/公顷>	增 产 率 <%>	总 产 <万kg>	增 产 率 <%>	人 均 <kg/年>
历年平均		458.9	529.5		16.97		
历年最高		458.9	772.5	0	24.15	0	361
1983	732	325.6	1117.5	44.7	36.50	65.6	498.6
1984	765	257.6	1129.5	46.3	29.10	24.2	380.3
1985	805	252.3	1659.0	114.8	41.84	73.1	520.0
1986	838	247.1	1611.0	108.5	39.80	64.8	474.0
平均			90.7		36.81		468.9

表2 上黄村实验前后农田生产力变化情况

产量及增长率			1983—1986 年平均	历年平均	历年最高	较历年平均增长 <%>	较历年最高增长 <%>
粮 食 作 物	生物学产量	单	3915	1474.5	2118	165.5	84.8
	根系+茬		1305	465	687.5	193.0	103.0
	合 计	产	5220	1938	2784	169.0	87.6
	生物学产量	总	105.8	56.6	80.6	86.9	31.3
	根系+茬		35.2	19.7	28.0	193.0	31.2
	合 计	产	141.0	76.2	108.5	85.0	30.0
油 料 作 物	生物学产量	单	2392.5	1162.5	—	105.8	—
	根系+茬		765.0	367.5	—	108.0	—
	合 计	产	3157.5	1530	—	106.0	—
	生物学产量	总	11.41	4.65	—	145.4	—
	根系+茬		3.60	1.47	—	146.0	—
	合 计	产	15.01	6.11	—	146.0	—

单位：单产<公斤/公顷>，总产<万公斤>。

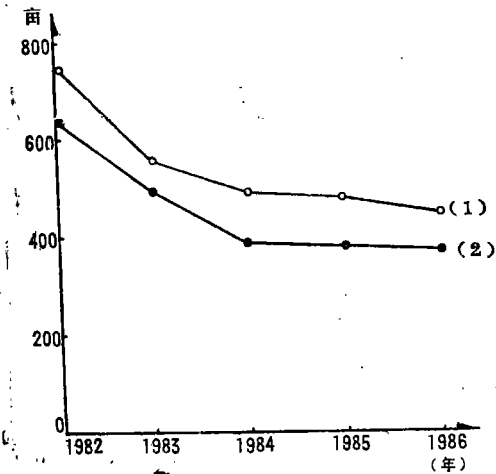


图1 耕地面积变化情况  
(1)——农田；(2)——粮田

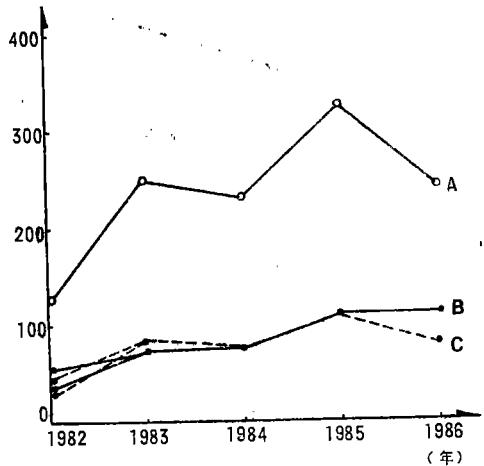


图2 农田生产力变化曲线  
A——生物学产量；B——籽粒；C——根+茬

165.0%，较历年最高2118kg增产84.8%；生物学总产量平均105.8万kg，较历年平均56.6万kg增产86.9%，较历年最高80.6万kg增产31.3%。

(3) 土壤中残留的根系和根茬总量：平均为35.2万kg，较历年平均19.7万kg增产193%，较历年最高28.0万kg增产31.2%。

## 2. 油料作物 (1984—1986)

(1) 籽粒：平均单产由实验前每公顷375kg提高到832.5kg，增产122.0%；总产由1.5万kg提高到4.09万kg，增产172.0%；

(2) 生物学总产量由4.65万kg提高到11.41万kg，增产145.4%；

(3) 土壤中残留的根系和根茬总量，由1.47万kg增长到3.6万kg，增产146.0%。

## (二) 社会、经济、生态效益显著

由于农田生产力提高，使整个农田生态系统功能发生了明显的变化 (如图3、4)，开始由恶性循环状态向良性循环转化。

### 1. 社会效益

人均有粮4年平均483.5kg，较实验前 (1977—1982) 平均230kg增产1.11倍；人均有油料51kg，较实验前13kg增长3倍。耕二余一，温饱基本解决，具备了一定的抗灾能力。据调查，有贮备粮2年的农户约占20%，贮备粮1年的农户约50%，自给有余的20%，基本可以自给的占10%。部分农户出售余粮，豆类和油料80%出售。

食物结构得到改善，基本全为细粮，肉蛋等消费食品显著增长，过去不吃蔬菜的现在开始购买蔬菜了。

### 2. 经济效益

人均农田收入：1984年173.00元，1985年241.23元，1986年205.00元 (按1981年农产品不变价格计)，三年平均206.00元。比实验前人均收入47.50元增长3.38倍。如果加

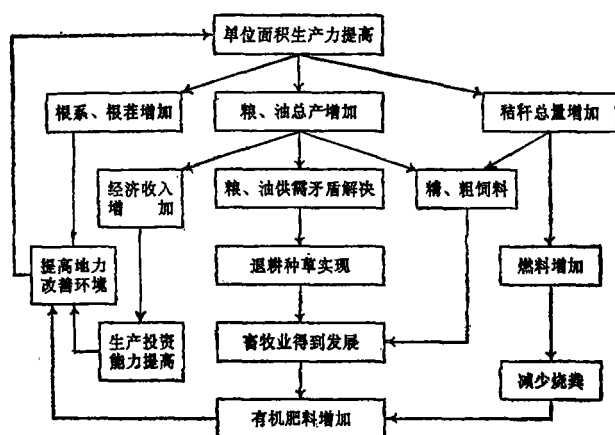


图3 农田生态效益示意图

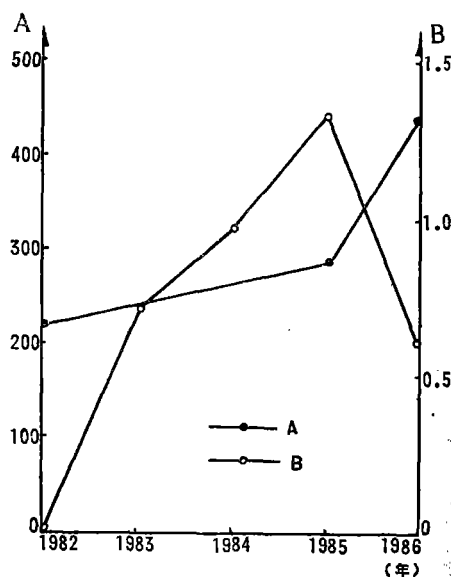


图4 化肥和有机肥用量

A — 有机肥总量 (万kg)；  
B — 化肥有效成分总量 (万kg)

上畜牧业及其他收入，人均纯收入1985年为355.00元，1986年371.25元。较大地提高了群众的生活水平和购买能力。建造新房，购置中高档商品及生产资料的农户显著增多。截止1986年全村已新添置电视机4台，手扶拖拉机3台，三行畜力播种机27台，七行播种机2台。年平均购买化肥18.0吨，价值1.42万元，开始由掠夺式向投入式转变。

### 3. 生态效益

(1) 粮油产量及生物学产量增加，不仅解决了人粮供需矛盾，也为发展家畜家禽提供了精、粗饲料，直接促进畜牧业的发展。

(2) 人粮矛盾解决，促进退耕种草，并且为畜牧业发展创造了条件。上黄村大家畜由实验前的232头增长到425头，增长83%（部分饲料来自荒山人工草场），从而起到以农促牧，农牧相互促进的作用。

(3) 农田生物量增加和退耕种草实现，一些粗质秸秆或草秆充作燃料，解决了燃料不足的问题。

(4) 根系和根茬总量较历年最高增长31.2%，较历年平均增长193%，从而增加了土壤中的有机物质，为提高土壤肥力，改善土壤环境直接起着积极的作用。

(5) 畜牧业发展为农田开辟了有机肥源，实现了“以无机换有机”的战略设想。4年来，实验区在正常年分稳定总产量的前提下，由于有机肥用量逐年增加，化肥用量相应地减少。1985年有机肥总量286.0万kg，1986年增加到442.9万kg，1986较1985年增长47.9%，较实验前增长104.0%；化肥总量（有效成分氮和五氧化二磷）由1985年的1.32万kg下降为1986年的0.59万kg，减少55.3%。有机肥料迅速增加，使土壤肥力得以提高，为转变恶性循环状态为良性循环的农田生态系统，打下了物质基础。

## 四、关键技术措施

### （一）输入能量（化肥），改变掠夺式生产

实验前，上黄村基本不施用化肥。1983年，开始输入定量的化肥作动力，获得了预期的效果。两年大田对比实验证明，每公顷施用尿素112.5kg，磷酸二铵52.5kg，较只施农肥3万kg，可增产47.8—196.4%；较不施肥增产1—2倍。以有机肥与化肥配合深施效果最好。在当前地力水平下（2250kg/公顷），肥力愈低，施化肥的增产效果愈高。

### （二）改革农田种植制度

#### 1. 调整粮、经（油）、饲种植比例，实行农牧结合制

上黄村长期实行单一的粮油种植制度，其结果是：愈加单纯追求粮食则粮食矛盾突出。其根本原因是没有建立起农牧结合的种植制度，实现以牧促农，农牧相互促进的目的。

上黄村有耕地面积458.93公顷，占总土地面积33.2%。根据课题组应用系统工程的方法对上黄村农林牧生态经济结构所做的优化方案设计，上黄村耕地面积应占总土地面积的23.6%较合理。为退耕种草，实行农牧结合的种植制度提供了理论依据。上黄村自198<sup>3</sup>年和1984年两年从458.93公顷耕地中退耕29%种草，实行草田间轮作。粮、经、饲（油）的比例调整为：粮田占总耕地57.3%，经济作物（油）占11.3%，人工草地占29%。

根据因地制宜，便于利用和进行衰老更新，有利水土保持的原则，草田轮作的方式

设计为：1比1用地比例的等高带状的草粮间轮作（带宽6—10m）。其不同草种的轮作方式为：

①多年生牧草（沙打旺、苜蓿、红豆草等）与粮豆油作物间种轮作，周期为10—16年。即在种粮油的带中实行1—2次的豆—麦—麦—油（秋）的小轮作。到第4或第7年种草（套或种）。在草带中第4或第7年翻耕，第5或第8年换种粮—油—豆等作物。

②2年生草木樨与粮油作物间轮作，4年周期。即

草带：麦间草——草木樨——麦——麦间草

（第1年）（第2年）（第3年）（第4年）

粮带：麦——麦间草——草木樨——麦

4年共收粮6料，牧草5料。

或 草带：草木樨<sub>1</sub>——草木樨<sub>2</sub>——粮——粮

粮带：粮——粮——草木樨<sub>1</sub>——草木樨<sub>2</sub>

4年收4料草4料粮。

③1年生牧草（箭舌豌豆、毛苕）与粮油作物间轮作，周期2年。即

草带：草—粮， 粮带：粮—草

据本所王继武同志资料，1984—1986年三年来，退耕地种草共产干草90.87万kg，年平均30.29万kg。按每只羊饲草量450kg计，每年可养羊673只或大家畜168头。

## 2. 调整作物结构

（1）夏、秋作物种植比例：上黄村截止1981年，夏粮作物的种植面积占粮田面积的54.5%，秋粮作物占45.5%。根据固原地区气候特点及作物对土壤水分利用的规律，上黄村的夏、秋粮种植面积比例以6：4或7：3为宜，视气候状况而略有伸缩。在正常年份夏粮作物种植面积宜适当扩大，但不宜超过70%（见表3）。过大对轮作倒茬不利，对总产有影响。

表3 上黄村夏秋粮种植面积及产量

年份	夏 粮 作 物				秋 粮 作 物			
	面 积 〈公顷〉	总 产 〈万公斤〉	面积比 〈%〉	总产比 〈%〉	面 积 〈公顷〉	总 产 〈万公斤〉	面积比 〈%〉	总产比 〈%〉
1985	181.47	31.59	71.0	75.5	70.73	10.24	28.1	24.5
1986	199.8	31.80	80.9	80.0	47.33	7.98	19.1	20.0

注：1986年为干旱年，夏田面积超计划

（2）主要作物种植比例：根据作物的生态适应和生产潜力及其在群众生活中的地位确定作物的种植结构。春小麦具有稳产优质，耐瘠薄等特点为群众的主粮。由占粮田28.3%调整到占粮田50.7%，洋芋历年种植面积较大，占粮田9.2%，土地承包责任制后有所减少，现调整到6.54%。糜子、燕麦为主要秋粮作物，由于产量波动较大，随不同年份的气候状况确定其种植面积。

经过逐年对作物结构的调整，基本形成粮食作物以夏为主，夏粮作物以春小麦、豌豆为主，秋粮作物以洋芋，糜子，燕麦搭配。

### 3. 建立粮豆4年轮作制，用地养地结合。

豌豆在本区有悠久的种植历史，不仅能改善土壤氮素状况，且生长期较麦类短，对土壤水分消耗相对较禾谷类为少，在干旱年份对后茬作物表现突出的抗旱作用，因此是春小麦很好的前茬作物。因此，豆类种植面积扩大到20—25%，建立豆—麦—麦—油(秋)的4年轮作制，将对解决土壤水肥平衡，稳定和提高土壤肥力具有重要作用。

上黄村实验前，豆类种植面积较少，据统计(1959—1981)，豌豆面积仅占粮田4.49%、扁豆占6.42%，二者面积合计为10.91%，显然不能进行正常轮作。经过努力，豆类种植面积至1985年扩大到19.1%，初步走上豆—麦—麦—油(秋)的4年轮作轨道。

### (三)改革落后的耕作栽培技术

#### 1. 改浅施肥为深施肥的施肥制度

上黄村纯系旱地，长期以来把数量有限的农肥在春季表施于地面，然后播种耙地。这种施肥制度与本地春旱少雨，蒸发量大的自然规律不相吻合，造成肥料很大浪费，增产不显著。而化肥在旱地很少施用或不用。这在当地旱作极度缺乏营养的情况下是值得重视的。

试验表明，农家肥和化肥采用深施技术均能显著增产。上黄村经过两年(1984—1985)基本完成改春季浅施为深施肥的施肥制度改革。对比试验证明，仅农肥春季表施改为深施，春小麦增产率为15.4—23.0%。

#### 2. 提高播种质量，改耧播为机播

实现土地承包责任制后，耧成为主要的播种工具。耧的播种质量很差，断条断垄，稀稠不匀，深浅不一，出苗不齐，严重影响产量。据我们用三行畜力播种机和耧播春小麦对比试验，机播比耧播可提早3天出苗，提前7—8天齐苗，出苗率提高41.2%，成穗率提高46.7%，增产20%。上黄村自1985年开始推广机械播种，目前机播面积约已接近50%。播种作物有春小麦、谷子、糜子、扁豆、胡麻等。

#### 3. 推广优良品种，实行品种搭配

上黄村实验前不论川、塬、山土地类型和肥沃程度，春小麦品种均为红芒麦。红芒麦具有较强的适应性，抗旱性强，耐瘠薄，在每公顷产量1500—2250kg水平下表现良好，但随着土壤肥力提高则表现倒伏严重，不能高产。因此，引进抗旱、抗倒伏、抗病的高产新品种很有必要。

上黄村1985年开始引进春小麦定西24号，定西32号，固春5号，晋2148等新品种试种156亩，结果表明，引进品种1985年平均单产每公顷2259kg，较红芒麦增产32.4%。但这些品种在干旱年份不及红芒麦抗旱，表现减产。因此，春小麦品种引进和推广在尚无抗旱能力超过红芒麦的品种时不宜盲目引进和不根据品种特性种植。

油料作物——胡麻自1984年开始全部以“宁亚8号”和宁亚10号”新品种代替了老的红胡麻。在增施肥料的基础上，胡麻平均每公顷产量由375kg提高到825kg，最高可达2250kg，平均较老品种增产30%。

## 五、结 语

通过4年来的实验证明，半干旱黄土丘陵区的旱作农业，只要遵循生态农业的规

律,抓住农田生态系统的薄弱环节,以输入能量为突破口,从改善生态环境和调节作物与生态环境的统一入手,以改革单一的种植制度,建立农牧结合的制度,健全轮作制度为基础,配合改革落后的施肥制度和耕作栽培技术等,使旱农增产置于整个增产技术体系之中,从而较快地提高农田生产力,达到修复失调的生态经济。

### 参 考 文 献

- (1) 胡恒觉等:西北黄土高原旱农生态系统几个问题的分析,《中国干旱半干旱农业科技资料选集》第1集,65页。
- (2) 山仑:我国西北地区植物水分研究与旱地农业增产,《中国干旱半干旱农业科技资料选集》第2集,115页。
- (3) 张沁文:旱作农业的战略问题与指导农业生产的辩证法,《水土保持通报》,1983,第5期,10页。
- (3) 山仑: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》,1986,2期,13页。
- (5) 卢宗凡等:黄土丘陵区水土保持生物和耕作措施的研究,《水土保持学报》,1988,第1期,37页。
- (6) 陈国良等:应用系统工程加速结构调整——宁夏黄土丘陵山区农林牧合理结构实验初报,《宁夏农业科技》,1986,第2期,1页。
- (7) 刘忠民:春小麦、糜、谷在固原县半干旱区的生态适应性分析,《干旱地区农业研究》,1987,第3期,72页。

## An Experimental Study on Rainfed Agriculture Technical System of Increasing Grain Output in Semiarid, Loess Hilly Region

*Liu Zhongmin*

### Abstract

The some farmland renounced to planting grasses and at meantime increased productivity, the key was to establish an farming and afforest combination system and input energy as a driving force. Four-year results as follows: 29% farmland renounced to planting grasses. Cropping system carried out and at same time total grain output, biomass, each person had grain and oil as well as economic income increased 1.17, 86.9%, 1.11 and 3 and 3.38 times respectively than before. At meantime the organic material and total organic fertilizer in soil increased 193% and 104%, and chemical fertilizers decreased 55.3%, and also, agri-ecosystem began to change a better cycle.