

# 第一章 陇中黄土丘陵沟壑区 高效农业生态区建设

黄土丘陵沟壑区是黄土高原水土流失最为严重的区域。新中国成立以来，国家对黄土高原的综合治理和开发一直十分重视。在“七五”期间开展了重点科技攻关项目“黄土高原综合治理”；“八五”期间开展了“黄土高原水土流失区综合治理与农业发展研究”；“九五”期间又开展了重点科技攻关项目“黄土高原水土流失区农业综合发展技术研究”。由甘肃省农业科学院承担的黄土高原攻关项目定西试区攻关专题“定西黄土丘陵沟壑区高效农业生态区建设研究”、“定西丘陵沟壑区高效农业生态区建设与发展研究”、“陇中丘陵区(定西)作物抗旱丰产与经济综合发展研究”，在位于甘肃省中部的黄土丘陵沟壑区的典型县——定西县境内实施。通过三期的科技攻关，针对本区存在的主要问题，围绕丘陵沟壑区以小流域为单元的控制水土流失、林草植被建设、改善生态环境、发展旱农生产、增加农民经济收入等主题潜心攻关，探索创新，在高效农业生态区建设、流域分区系统治理原则与模式、旱地农业增产技术体系、农牧结合适度规模养殖技术、区域农村经济综合发展技术，特别是在集水高效农业技术体系的研究等方面取得了重要进展，获得了一批具有实践和理论价值的科研成果。试验示范区建设取得了显著的生态、经济和社会效益，成为陇中生态环境建设和农业可持续发展的典型。一批科研成果示范推广后在生产中发挥了显著的作用。

本章将就“七五”至“九五”期间陇中丘陵区高效生态区建设取得的进展和成果进行较为系统的总结，以便为今后的科技攻关提供可借鉴的资料，也为更好地开展黄土高原生态环境建设提供参考依据。

## 第一节 陇中丘陵沟壑区高效农业生态区建设的背景

我国黄土高原地区地跨山西、陕西、内蒙古、河南、甘肃、宁夏和青海等7省(区)，共287个县(旗)，总土地面积为62.68万 $\text{km}^2$ 。其中水土流失面积53万 $\text{km}^2$ ，水土流失较严重的面积达43万 $\text{km}^2$ ，占黄土高原地区总土地面积的68.8%；水土流失严重的面积达28万 $\text{km}^2$ ，每年流入黄河的泥沙达16亿t，是中国乃至世界上水土流失最为严重的地区。

甘肃省黄土高原区地处西北黄土高原西端，地理坐标为北纬 $34^{\circ}05'$ ~ $37^{\circ}51'$ 、东经 $102^{\circ}36'$ ~ $108^{\circ}51'$ 。包括省内乌鞘岭以东、渭河以北的大部分地区。主要分布在庆阳、平凉、定西、兰州、白银、天水、临夏等7个地(州、市)的48个县(市、区)。总土地面积10.05万 $\text{km}^2$ ，占全省总面积的21.9%，占整个黄土高原面积的16.75%。是黄土高原水土流失最严重的地区，侵蚀模数 $\geq 1000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的水土流失面积达8.24万 $\text{km}^2$ ，流入黄河的泥沙量5.18亿 $\text{t}/\text{a}$ ，占黄河年输沙量的近1/3。耕地204.81万 $\text{hm}^2$ ，占全省耕地总面积的58.94%，其中坡耕地占74%。总人口1320万，占全省总人口的54.4%。

甘肃省黄土高原又以六盘山为界分为陇东黄土高原残塬沟壑区和陇中黄土高原丘陵沟

壑区。前者主要包括庆阳、平凉两地，后者包括余下 5 个地州、市的 33 个县。本研究主要以陇中黄土高原丘陵沟壑区为对象进行。

陇中黄土高原丘陵沟壑区地处甘肃省中部，总面积 6.43 万 km<sup>2</sup>，其中水土流失面积就有 6.27 万 km<sup>2</sup> 占本区总面积的 96.75%。包括最贫困的 18 个县 人口密度 80~250 人/km<sup>2</sup> 是年降雨量 400mm 等雨量线以南的广大地区。这类地区常遇干旱威胁，又因水土流失非常严重，土地利用率低，土壤肥力差，导致降水利用系数下降，造成按单位面积计算的绿色植物干物质生产量低。加上高密度的人口压力，形成了人民生活需求与自然生产负荷能力间的尖锐矛盾。研究这类地区的问题，历来是政府和科研部门的重点，与改善生态环境、解决温饱和农民脱贫致富，以至社会进步等，息息相关。

## 一、陇中丘陵沟壑区的自然特点

### (一) 研究区的自然特点

定西县高泉沟小流域是陇中丘陵沟壑区的典型代表，是本研究的试验示范区（以下简称试区）。试验示范区面积为 9.168km<sup>2</sup>。该流域地处东经 104°29'~104°34'、北纬 35°22'~35°21' 与蒙晋冀交界的蒙古高原东南部（阴山后、坝上、晋西北）和黄土高原西部（宁中南中、青东）同属于我国北部中高原温凉农区（见表 1-1）。

表 1-1 北部中高原半干旱温凉农区环境资源

地区	海拔 (m)	年侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	水土流失面积比率 (%)	光能辐射 (kJ/cm <sup>2</sup> )		热量温度 (°C)			降水	
				总辐射	生育期辐射	平均温度	≥0°C 积温	≥10°C 积温	年雨量 (mm)	7~9 月份占 %
北部中高原半干旱温凉农区	1 000~2 000	5 000~10 000	70.0	460.5~586.2	251.2~418.7	5~9	2 500~3 000	1 800~2 500	350~450	60
定西高泉沟	2 056~2 447	6 120	74.5	590.8	387.3	6.2	2 500	2 000	415	68
固原上黄	1 500~1 800	4 000~7 000	70	534.2	209.9	6.5	3 000~3 200	2 000~3 000	478	59.6
西吉黄家二岔	1 600~2 600	7 370	70	513.3	259.7	5.3	2 800	2 400	427	60.9
河北坝上	1 500 以上	1 414	43.0	571.9	390.2	3.4	2 100~5 200	1 780~2 180	420	65

  

地区	无霜期 (天)	干旱频率 (%)	其他灾害频率 (%)	土壤肥力 (有机质 %)	垦殖率 (%)	人口压力 (人/km <sup>2</sup> )	主要作物	经营管理
北部中高原半干旱温凉农区	100~130	≥50	多风、雹灾、干热风、霜冻低温	1.0	70	50~300	春小麦、马铃薯、莜麦、胡麻、油菜、豌豆、糜谷、早熟玉米	旱作、耕作粗放、不施或少施肥，产量低而不稳
定西高泉沟	140	40~70	风沙、霜冻、低温、冷害	1.30	83.1	160	春小麦、马铃薯、莜麦、胡麻、豌豆、糜谷	旱作、耕作粗放、施肥少、投入少、产量低而不稳
固原上黄	120~140	60~80	雹灾、干热风、霜冻	0.5~0.7	63.6	99	春小麦、马铃薯、胡麻、豌豆、糜谷	旱作、投入少、产量低、品种单一
西吉黄家二岔	120	60~80	雹、洪、冻、风	1.34	76	93	春小麦、马铃薯、胡麻、豌豆、糜谷	旱作、简耕粗作、广种薄收单一小农业
河北坝上	90~110	≥40	涝、雹、低温、多风沙	1.32	60	50~200	春小麦、马铃薯、莜麦、胡麻、豌豆、早熟糜谷	耕地多、劳力少、管理粗放、60% 耕地多年不施肥

高泉沟小流域和同类区域一样，由于人口增长对物质的需求猛增，土地生产力提高相对缓慢，供需矛盾日趋尖锐。1985年人口密度达到160人/km<sup>2</sup>，六五期间粮食平均单产只有942±367.5kg/hm<sup>2</sup>，人均生产粮219.4kg，各类草地平均产草量只有600kg/(hm<sup>2</sup>·a)。流域内低水平的土地初级生产力与人口增长的高需求之间的矛盾尖锐对立，导致对自然资源的掠夺性开发。流域平均土壤侵蚀模数高达6120t/(km<sup>2</sup>·a)，林、草面积率减少到22.8%。形成了生态恶性循环局面。

### 1. 光能资源

据测定，试验区全年光能辐射量为590.76kJ/cm<sup>2</sup>，大于0期间的生理辐射量为387.28kJ/cm<sup>2</sup>。年辐射量优于同纬度的东部地区（平凉527.96kJ/cm<sup>2</sup>，侯马519.58kJ/cm<sup>2</sup>，安阳477.3kJ/cm<sup>2</sup>，青岛530.47kJ/cm<sup>2</sup>）。当前主要作物生产光能利用率（大田）只有0.19%~0.53%（见表1-2），光潜势甚大，是发展初级生产力的有利条件。

表1-2 定西县作物光温资源生产效率

作物	辐射能利用率 (%)	光能利用率 $E_u$ (%)		$\geq 10^\circ\text{C}$ 积温利用率 (%)
		大田平均	2% $E_u$ 作物产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	
春小麦	67.47	0.39	5 323.8	66.20
豌豆	57.99	0.36	6 692.0	57.24
扁豆	67.54	0.21	6 339.2	63.59
马铃薯	60.87	0.46	6 528.6	74.52
谷子	72.07	0.29	5 233.4	84.26
莜麦	64.40	0.31	4 006.8	69.52
胡麻	66.10	0.19	4 785.8	71.68
苜蓿	78.08	0.53	52 316.1	89.72
红豆草	72.06	0.36		85.79
草木樨	52.54	0.52		60.83

### 2. 热量资源

试区年平均气温6.2℃，>0的活动积温2500℃， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温2090℃。无霜期140天。海拔高度2056~2447m。农区为一年一熟区，适于喜凉作物春小麦、豌豆、扁豆、莜麦、苜蓿等生长，是谷子种植的上限，小日月品种可以正常成熟（见表1-3）。根据上述作物不同生育期对温度的需求与实际温度情况分析（见表1-4）表明，发展喜凉作物生产，温度供需关系协调。

表1-3 中部地区热量区划

项目		温暖区	温和区	温凉区	温寒区	温区
分区指标	0℃积温(℃)	3 500~4 100	3 200~3 500	2 800~3 200	1 900~2 800	1 000~1 900
	10℃积温(℃)	2 900~3 300	2 500~2 900	2 000~2 500	1 000~2 000	300~1 000
	无霜期(天)	140~160	130~150	120~140	100~120	60~100
海拔(m)		1 500~1 600	1 600~1 800	1 800~2 100	2 100~2 600	>2 700
熟制		一年两熟	一年一熟或两年三熟	一年一熟	一年一熟	一年两熟
作物分布		喜温作物 中晚熟玉米 喜凉作物	喜凉作物 玉米种植上限	喜凉作物 谷子种植上限	喜温作物 春小麦种植 上限;苜蓿种植 上限	耐寒作物 红豆草种植 上限

表 1-4

定西县各作物的温度适应性评价

作物	适宜的温度要求(℃)		实际温度(℃)		对温度变异的反应
	≥0℃积温	平均温度	≥0℃积温	平均温度	
春小麦	2 000 ~ 2 300	15 ~ 20	1 600 ~ 1 900	15.5 ~ 21.2	不明显
豌豆	1 400 ~ 2 600	15 ~ 20	1 671 ~ 1 823	13.7 ~ 19.5	苗耐冻花忌霜
扁豆	1 500 ~ 2 200	15 ~ 20	1 731 ~ 1 921	16.1 ~ 20.8	耐霜
莜麦	1 800 ~ 2 000	13 ~ 18	1 708 ~ 2 012	17.2 ~ 20.7	花期忌高温
胡麻	1 800 ~ 2 200	15 ~ 20	1 710 ~ 1 987	16.9 ~ 19.8	苗期怕霜
马铃薯	1 800 ~ 2 700	14 ~ 19	1 900 ~ 2 271	17.3 ~ 21.0	迟钝
谷子	2 200 ~ 2 900	20 ~ 22	1 900 ~ 2 300	16.9 ~ 20.5	苗怕晚霜后怕早霜
苜蓿(两茬)	2 300 ~ 2 600	14 ~ 18	2 050 ~ 2 100	15 ~ 18.7	耐寒、耐热
红豆草(两茬)	2 600 ~ 2 900	16 ~ 18	2 495 ~ 2 800	16 ~ 19.5	抗冻、耐热

### 3. 水资源

试区发展绿色植物生产的水分供应全部依靠自然降雨。年平均降雨量 415mm。按照作物生理需求和生育期降雨满足程度(不考虑土壤蓄水和流失)概算,当地主要作物为 50% ~ 80% 缺水 20% ~ 50%(见表 1-5)。水分供应不足,是发展绿色植物生产的常见性限制因子。这就是当地主要作物(主产品)生产潜势计算中,出现光热潜势达 6 750 ~ 7 500kg/hm<sup>2</sup> 水潜势只有 2 850 ~ 4 500kg/hm<sup>2</sup> 的主要原因。加上下垫面影响和雨量分配上的问题,又出现水分亏缺的加剧。具体表现如下:

表 1-5

定西县各作物不同气候年型的水分平衡

作物	潜在蒸腾耗水量 ET(mm)	干旱年型		正常年型		水分效率 WUE [kg/(mm·hm <sup>2</sup> )]
		生育期降水	满足率	生育期降水	满足率	
		R <sub>i</sub> (mm)	P <sub>r</sub> (%)	R <sub>i</sub> (mm)	P <sub>r</sub> (%)	
春小麦	317.2	163.7	51.6	249.3	78.6	21.2
豌豆	290.9	152.3	52.3	218.4	75.1	21.5
扁豆	248.1	152.4	61.4	231.9	93.5	10.8
谷子	288.9	251.2	86.9	369.3	127.8	15.2
莜麦	332.4	161.1	48.5	256.2	77.1	15.1
胡麻	261.2	180.4	69.1	274.9	105.5	9.6
马铃薯	296.4	239.1	80.6	355.4	119.9	12.3
红豆草	634.2	245.2	38.7	380.2	59.9	13.8
紫花苜蓿	734.3	267.5	36.4	371.5	50.6	17.0

(1)总降雨量的 10% ~ 15%以地表径流形式流失, 20% ~ 25% 形成初级生产力, 60% ~ 65% 无效蒸发。

(2)当地主要粮、油作物(小麦、豆类、莜麦、胡麻等)生育需水关键期(5~6月)处于相对旱季,而与 7~9月集中降雨的自然丰水期错位。由降雨少这个主因,加上这两个问题的共同影响,造成实际可达到的水分生产潜势为 2 250 ~ 3 000kg/hm<sup>2</sup>, 大田生产现实水平只有

1 200~1 800kg/hm<sup>2</sup> 见表 1-6)。

上述情况，当然是试区发展生产的重大限制因子，也是缓解以至解决水分供应问题的依据。

表 1-6 定西唐家堡河流域作物生产潜力 (单位:kg/hm<sup>2</sup>)

作物	现实生产力	热潜势	降水潜势	土壤水分潜势	高产记录
小麦	1 387.5	7 026.0	3 864	3 525.0	5 220.0
马铃薯	1 575	8 200.5	5 230.5	4 708.5	6 310.5
豆类	1 110	5 575.5	3 300.0	2 970.0	4 500.0
莜麦	1 102.5	4 876.5	3 132.0	2 835.0	3 760.5
胡麻	645	3 670.5	1 930.5	1 725.0	1 575.0

#### 4. 土壤资源

土壤是绿色植物赖以生存的载体。试区土壤类型主要有 9 种(见表 1-7) 其中黄麻土类占 75% 黄绵土类 10%。肥力基础较高的土类不过 15%。表明主体土类有机质含量在 1.0% 以下 速效磷 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 含量 1.3~2.9mg/kg, 属极缺, 速效氮含量 30~60mg/kg, 主体土类属国际四级以下贫瘠土壤, 成为发展初级生产力的又一限制因子。

表 1-7 定西试区土壤养分状况

土壤类型	有机质 (%)	全氮 (%)	速效养分(mg/kg)		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
山地后层灰褐土	2.33	0.16	121.38	1.16	80
坡地黑麻土	2.05	0.14	77.48	1.4	
坡地麻土	1.42	0.11	73.78	1.10	198.75
坡地黄麻土	0.69	0.055	59.55	2.88	92.5
坡地白麻土	0.63	0.062	47.43	2.50	126.35
谷地麻土	0.711	0.075	49.98	4.30	
川地麻土	1.55	0.091	59.12	4.96	
川地黄麻土	0.96	0.074	58.63	3.25	
川地黄绵土	0.474	0.042	29.58	1.25	
平均	1.20	0.090	64.10	2.53	124.38

试区 95% 的农耕地土层厚度在 2~10m。据测定, 土壤田间持水量为 21.18%, 凋萎系数为 7.17%, 1m 与 2m 深土层达到田间持水量, 贮水量分别为 245mm 和 490mm, 其有效贮水量分别为 160mm 和 320mm。表现土壤贮水能力很强, 利用得当既可以控制水土流失, 又能起到土壤水库的作用。

以上分析表明: 在决定试区绿色植物生产水平的光、热、水、土四大环境因子组成的环境中, 光是优势因素, 热量可满足喜凉作物生理需求, 水分严重欠缺, 土壤肥力低, 且与缺水产生交互作用, 成为提高土地初级生产力的限制因子。形成了总体上发展绿色植物生产

的资源贫乏区，即生态环境脆弱区。

## （二）陇中丘陵沟壑区的自然特点

### 1 土地资源

陇中黄土高原丘陵沟壑区位于西秦岭、太子山以北，陇山以西，甘、宁两省（区）界及乌鞘岭以南，甘、青两省界以东地区。海拔 1 200 ~ 2 500m 之间。地貌类型可分为低丘宽谷区、河谷川台区、丘陵沟壑区和土石山区。

（1）低丘宽谷区。主要以梁峁丘陵为主，特点是丘陵低谷坦，高差较小。水土流失形式为沟蚀、面蚀。川源地分布面积较大，如秦王川、景泰川、兴堡子川等。

（2）河谷川台区。主要指河流两岸的阶地及谷地，海拔一般为 900 ~ 1 700m。地势平坦，土壤肥沃，灌溉条件较好，是粮食和经济作物生产的主要地区。

（3）丘陵沟壑区。位于陇中的中南部，地貌以丘陵沟壑为主，沟壑纵横，梁峁起伏，沟密坡陡，面蚀、沟蚀、重力侵蚀相对发育，并有立崖、陷穴等侵蚀地貌。该区其坡度组成中  $< 25^\circ$  的面积，丘三副区为 96% 丘四副区为 56% 丘五副区为 74%。定西试区高泉沟小流域就是黄土高原丘陵沟壑区第五副区的典型代表（参见表 1-1）。

（4）土石山区。地势高 相对高差大 山高谷深 岩石裸露 植被较好。水土流失较轻 但泥石流发育 沟口多有冲积扇 其  $< 25^\circ$  面积占 47% 左右。

### 2. 气候资源

本区以温带大陆性季风气候占优势，光热资源丰富，降水不足。年平均气温  $6 \sim 12^\circ\text{C}$ ， $10^\circ$ 积温一般在 2 200 ~ 3 500 之间，除少数山地外，均能满足作物一年一熟的需要。区内年日照时数为 2 000 ~ 2 800h 年总辐射量为  $5\,300 \sim 5\,800\text{MJ}/\text{m}^2$ ，有利于作物的光合作用。无霜期 120 ~ 160 天。干燥度在 1.0 ~ 4.0 之间，南部降水较多，北部气候干燥，属温带半干旱气候区。

### 3. 水资源

区内地表水、地下水均极其匮乏，水低地高，自然降水是唯一可利用水资源。全省黄土高原区年径流总量 387 亿  $\text{m}^3$  其中过境流量 252 亿  $\text{m}^3$ ，自产径流的形成主要依靠天然降水，平均年降水量 302mm。黄土丘陵沟壑区大部分范围降水稀少，干旱严重，年降水量 200 ~ 5 00mm。该区南部大夏河、洮河上游一带年径流深 200 ~ 400mm，中游的渭河年径流深 50 ~ 200mm，祖厉河上游年径流深 25mm，北部及祖厉河下游、黄河干流、兰州以北地区年径流深在 10mm 以下。丘三副区径流系数 0.05 ~ 0.30 丘四、丘五副区为 0.05 ~ 0.40。特别是中部以定西县为代表的最干旱面积为 6.06 万  $\text{km}^2$  的 16 个县，年平均降水量为 375mm 多年平均总降水量 227 亿  $\text{m}^3$ 。根据水文测算，区内的径流系数应为 0.05。因此，只有 11.4 亿  $\text{m}^3$  的降水汇入河流，形成我们通常称的水资源。水资源严重不足是限制本区农业生产力提高的第一因子。

本研究区域高泉沟小流域，年降雨量为 415.2mm 代表着 400mm 等雨量线两端的广大的黄土高原丘陵沟壑区第五副区 6.19 万  $\text{km}^2$  的面积（见表 1-8）。降雨量少而集中，流失多、蒸发大，7、8、9 月降雨占全年降雨总量的 55%，冬春降雨少。年间降雨量的变异系数为 25%，干旱成为一种固有的气候特征。

表 1-8

黄土高原水土保持分区及其主要特征

水土保持分区		地形地貌						林草覆盖率(%)	水土流失特点	年侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	
		主要特征	沟壑密度 (km/km <sup>2</sup> )	地面坡度组成(%)							
				< 5°	5° ~ 15°	15° ~ 25°	> 25°				
严重流失区	第一副区	崩状丘陵地形破碎	3~7	9	7	16	68	10~15	沟蚀面蚀都很严重	10 000~30 000	
	第二副区	崩状丘陵间有残塬	3~5	7	19	22	52	15~20	沟蚀面蚀都很严重	5 000~15 000	
	第三副区	梁状丘陵为主	2~4	7	32	42	19	20~25	面蚀为主、沟蚀次之	5 000~10 000	
	第四副区	梁状丘陵为主	2~4	8	21	40	31	25~35	面蚀为主、沟蚀次之	7 000~10 000	
	第五副区	平梁大崩有山间盆地	1~3	21	27	39	13	10~20	沟蚀为主、面蚀次之	3 000~6 000	
	黄土高原沟壑区	塬面宽平沟壑深切	1~3	39	17	21	23	20~30	沟蚀较重、面蚀较轻	2 000~5 000	
局部流失区	土石山区	青、甘、宁、蒙副区	山高坡陡沟深	1~3	3	4	21	72	20~40	坡耕地上有面蚀	100~5 000
	土石山区	陕、晋、豫副区	山高坡陡沟深	2~4	3	4	21	72	20~40	坡耕地上有面蚀	100~5 000
	风沙区	沙丘密布间有滩地	2~3	90	6	3	1	20~30	风蚀为主、沙丘移动	200~2 000	
	干旱草原区	低丘宽谷间有滩地	1~2	2	58	30	10	30~40	风蚀为主、水蚀轻微	200~2 000	
	高地草原区	高山丘陵间有滩地	1~2	12	24	31	33	40~60	坡耕地上有面蚀	200~500	
	林区	梁状丘陵覆盖次生林	2~4	8	3	44	45	60~70	坡耕地上有面蚀	100~200	
轻微流失区	黄土阶地区	有二三级宽平台阶	1~2	84	14	1	1	3~6	面蚀轻微、略有沟蚀	1 000~3 000	
	冲积平原区	宁、蒙副区	广阔平缓无切割	0.2~0.3	100			3~5	流失轻微	100~200	
	冲积平原区	陕、晋、豫副区	广阔平缓无切割	0.2~0.3	100			3~5	流失轻微	100~200	

注：第一副区指红河口至延河口沿黄河北干流两侧的黄土丘陵区，包括黄甫川、屈野河、清涧河、无定河、延河、清水河、蔚汾河、湫水河、三川河、屈产河等较大支流的全部或中下游部分，面积 7.7万 km<sup>2</sup> 人口密度 120~150 人/km<sup>2</sup>。

第二副区包括山西省大宁、吉县，陕西省宜君、延安、志丹，甘肃省华池、庆阳、镇原一带，面积 2.723 万 km<sup>2</sup>。

第三副区包括甘肃省的陇西、通渭、武山、甘谷、天水、秦安、庄浪，陕西的关中，山西东部和河南西部的零星丘陵区，面积 3.55 万 km<sup>2</sup>。

第四副区包括甘肃省的渭源、临洮、临夏、青海的循化、化隆、乐都、互助等县，面积 2.34 万 km<sup>2</sup>。

第五副区包括甘肃省的皋兰、永靖、会宁、定西、环县，宁夏的西吉、海原及固原，陕西的吴旗县西部，面积 6.19 万 km<sup>2</sup>。

(引自《北方旱地农业》)

#### 4. 土壤资源

黄土高原丘陵沟壑区土壤主要有黄绵土、山地灰褐土、黑垆土和灰钙土。一般认为对农业生产具有广泛的适宜性。黄土高原耕地面积中，中低产田面积大，山地占六成以上，大部分土壤有机质含量仅 1% 左右，缺氮又缺磷，中低产田面积占总耕地的 70% 以上。长期以来由于农业投入严重不足，致使农业基础设施薄弱，抗灾能力极差。

#### 5. 植被资源

黄土高原丘陵沟壑区天然植被破坏严重，仅有局部地方残存天然林。主要树种有桦树、山杨、油松、华山松、榆树、杏树、苹果等，大面积荒山有沙棘等灌丛分布。草以草被为主，有蒿属、长芒草、大针茅、百里香等。

陇中黄土高原丘陵沟壑区北部为荒漠草原区，草地覆盖度为 26% ~ 35%；南部为温带草原区，草地覆盖度为 40% ~ 70%。由于缺乏有效管护，草场、人工林木因遭受掠夺式利用和破坏，致使水土流失和荒漠化面积日渐增大。

从黄土高原地区的农业生态环境看，决定农田生产力的光、热、水、肥四大因子中，光是优势因子，热量适中，肥力可控，唯水分不足是限制生产力发展的限制因子。甘肃省旱作农区地下水、地表水均极其匮乏，无外来水资源补充，残源沟壑区和丘陵沟壑区的地貌特征使兴修大型水利工程的难度大、投资巨大，前景不乐观。由此，旱农业生产仍是未来农业生产的主体。

## 二、陇中丘陵沟壑区的社会经济特点

### (一) 耕地面积大，中低产面积比重高

陇中黄土高原丘陵沟壑区拥有全省 70% 的耕地，但耕地中川源地面积不到 10%，山旱地占 90% 以上。本区丘陵沟壑多，地形起伏大，植被条件差。陇中黄土高原区虽是甘肃省林草覆盖率较高的地区，但森林覆盖率仅为 13.02% (1998)，草地面积也仅占全省的 32.55%。

### (二) 降雨少，雨季集中，干旱严重

本区雨季集中，7~9 月份降雨占全年降雨量的 55% ~ 58%。多暴雨，造成水土流失相当严重，流失面积达 10.05 万 km<sup>2</sup>。同时，陇中黄土高原丘陵沟壑区是甘肃省乃至全国最干旱的地区之一，多数地区连续 2~3 年以上连年干旱，且时间长、范围广、强度大。极端脆弱的生态环境和严酷的自然条件，导致农业生产大起大落，粮食产量低而不稳，是甘肃省多灾、低产、贫困的地区。

### (三) 人口密度大

陇中黄土高原丘陵沟壑区是甘肃省人口最为密集的地区，其 7 个地（州、市）共有人口 1 250 万 (1998) 占全省总人口的 68.48%。人口密度平均为 154 人/km<sup>2</sup>，河谷和塬区则在 330 人/km<sup>2</sup> 以上。

### (四) 粮食产量低，经济发展迟缓

由于受人口增长和脆弱环境的双重影响，本区社会经济状况至今仍欠发达。甘肃中部 18 个干旱贫困县就集中于此，包括“苦瘠甲天下”的定西县。本区气候旱化继续加剧，“十年九旱”已开始向“十年十旱”方向转化，受其影响，再加上贫瘠的土壤资源，粮食产量低而不稳，单产长期徘徊在 937.8 ~ 2 170 kg/hm<sup>2</sup>。由此导致人均占有粮食仅 321 kg，有 12% 的人口尚

未解决温饱问题。粮食基础的薄弱使得各产业的协调发展受到极大的限制，社会经济发展迟缓，农民人均纯收入虽然已达到 800~1 000 元，但现金比重较低，贫困仍困扰着这片土地。加上 24.7% 文盲半文盲的人口素质，新技术的应用受到极大的限制，农村经济仍处于恶性循环之中。

另外，极端脆弱的生态环境和超负载的人口，造成人口、资源、环境、发展之间的关系严重失衡，极大地制约着本区域生态环境和社会经济的可持续发展。

## 第二节 陇中丘陵沟壑区存在的主要问题及面临的挑战

### 一、陇中丘陵沟壑区存在的主要问题

#### (一) 生态环境问题

黄土高原作为中华民族的摇篮和周、秦、汉、唐盛世的中心，有过发达的农业经济和文化，在中华民族文化和社会经济发展中发挥了重大的作用。但是，在长期的历史过程中，人类生存对粮食、烧柴、住房的需求，加上频繁的战争，政策上鼓励军民垦荒等因素叠加作用的影响，黄土高原的植被受到过毁灭性的破坏，特别是近代和现代人口的迅速增长，迫于粮食不足的压力，当地居民盲目地滥砍乱伐森林，结果使森林面积急剧缩小，草场过牧，造成严重退化。对资源的开发利用速度大于资源的再生速度。在部分地区，开发利用强度过大，以致破坏了资源的再生条件，导致资源衰退，生态系统稳定性下降，从而给水土流失、荒漠化创造了条件。因此，黄土高原农业社会的发展史，是人类掠夺自然、维持自身生存的历史，留下的是一个人口承载超容量、水土流失、荒漠化加剧的脆弱生态环境地区，对区内和下游地区的生存和发展构成了严重的威胁。

当前陇中丘陵沟壑区存在的主要问题是干旱少雨（年降雨量仅 184.8~450mm）水土流失严重（土壤侵蚀模数为 3 000~7 000t/(km<sup>2</sup>·a)）；植被稀疏（森林覆盖率为 8.4%）；生态环境恶化；粮食产量年际波动大；农村贫困面大，素有“苦瘠甲天下”之称。

#### 1. 植被极度破坏，水土流失严重，生态环境极端脆弱

该区大部分地区为黄土覆盖的高原和丘陵沟壑，特殊的地形地貌、松散的土壤结构和遇水湿陷易冲刷的特点，使水土流失极为严重。除泾、渭平原和陇东残塬比较平坦外，全区 80% 左右为丘陵山地与丘陵沟壑，地面起伏不平、切割严重、支离破碎、坡陡沟深。这是长期水土流失的结果。这里是世界上黄土堆积最厚的地方，风成黄土具有垂直节理，土壤结构松散，下渗性强，遇水湿陷，抗冲性差，一遇雨水极易冲刷。特殊的地貌类型和土质结构更加剧了土壤的流失。同时，黄土高原地处东南湿润区与西北干旱区过渡带，土壤与气候宜耕种、好放牧的自然条件决定了它具有“农牧交错带”的性质。因此，这里成了不断放牧、不断开垦、进退演替过分索取的场所。从战国的“垦草”到汉朝的“围垦”，直至新中国成立后的“以粮为纲”，使黄土高原的主要地区定位于开垦和耕种土地为主要特征的种植业。在长期过牧，特别是过垦的情况下，加之近半个世纪来人口和需求的膨胀，使过度开垦、植被破坏、广种薄收、水土流失的局面与日剧增，不少地方形成了“越穷越垦，越垦越穷”的恶性循环的局面。土瘦民穷，陇中苦瘠甲天下，时至今日还难以自拔。黄土高原地区严重的水土流失加快了下游河道的淤积，加剧了洪水的威胁，给黄河防洪、治理开发和水利工程运行带来严重隐

患。

## 2. 水资源匮乏，降水是唯一可利用的水资源

该区水资源十分贫乏，且时空分布很不平衡。由于地面的支离破碎，地高水低，引水困难，既不利于蓄洪，也不利于灌溉，更加剧了水资源的短缺和干旱的威胁。地下水藏量既少又深，且水质较差，不适于饮用和长期灌溉。因此，对干旱的黄土高原而言，水资源严重短缺和开发利用困难，是农牧业生产面临的最大制约因素。农林牧业的结构布局必须考虑水资源条件。

## 3. 农业基础薄弱，没有形成结构合理而有效的农业系统

目前，黄土高原区的农、林、牧业结构比例严重失调，种植业结构单一。牧业方面，注重私人家畜的增加和放牧，而忽略公用草地的改良建设和土地资源保护，使草原退化加剧。农业系统中重农轻牧、重粮轻草，水、土、肥难以保持和恢复，且粮食作物生长期外的光、热、水资源得不到充分利用，严重影响着土地生产力的充分发挥。同时，农、牧产品加工销售不畅，未能实行产业化，使系统的出口堵塞，能流和物流出路不畅，效益不高。总之农业系统结构中，土地—植物—动物—产品尚未形成一个结构合理、功能协调的统一整体，甚至农业系统和生态系统的要求相悖，使整个生态系统的自我维持力、生产力和可持续发展力都比较低下。

## (二) 粮食问题

### 1. 典型区

高泉沟小流域粮食单产“六五”期间平均仅为  $942.3 \pm 367.35 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，人均产粮仅为  $219.4 \text{kg}$ 。“六五”末的 1985 年，粮食平均单产也仅  $1299 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，人均产粮  $322.7 \text{kg}$ ，人均收入  $237.13$  元(1980 不变价)。是一个温饱尚未解决的贫困村。因此，造成了人民生活贫困、经济基础薄弱的局面。

### 2. 陇中丘陵沟壑区

以陇中丘陵沟壑区为代表的甘肃省黄土高原的旱农生产，由于受环境脆弱、资源不足、人口压力大和经济基础薄弱的制约，生产力水平仅维持低水平的徘徊。虽然经几代人的努力，单产水平得到了很大提高，但仍然徘徊在  $2039.7 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，丰收的 1996 年的水平也仅  $2196 \text{kg}/\text{hm}^2$ 。甘肃省黄土高原地区旱农生产水平更低(见表 1-9)，7 地州、市)1997 年粮食平均单产仅  $1763.68 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，陇中区则仅为  $1574.11 \text{kg}/\text{hm}^2$ 。常驻性旱灾是产量低而不稳、波动的主要原因。

甘肃省黄土高原地区，由于脆弱的农业生态环境和人口增长的双重压力，发展粮食生产、解决温饱问题一直是本区农业生产的中心。目前，本区的人均产粮仅  $320 \text{kg}$ ，有 12% 的人口尚未解决温饱。因此，发展粮食生产是今后农业持续发展的首要问题。

综观甘肃粮食生产的发展历程，新中国成立以来大体经历了 4 个阶段：

第一阶段，1950~1956 年，为低水平自给阶段。1956 年粮食总产达到 380 万 t，人均  $321 \text{kg}$ 。

第二阶段，1957~1978 年，为曲折滞进阶段。1978 年粮食总产 510.5 万 t，单产  $1455 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，但由于同期人口增加了 651.7 万，人均只有  $273 \text{kg}$ 。

第三阶段，1979~1993 年，为恢复发展阶段。虽然粮食播种面积减少了 15 万  $\text{hm}^2$ ，1993 年粮食总产仍达到 746.45 万 t，单产为  $2062.5 \text{kg}/\text{hm}^2$ ，人均占有粮食恢复到  $321.8 \text{kg}$ 。

表 1-9

甘肃省黄土高原地区旱农生产水平(1997)

地区	粮食播种面积 (万 hm <sup>2</sup> )	单位面积产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	总产 (万 t)
兰州市	16.72	2 170.0	36.29
白银市	22.2	937.8	20.82
天水地区	35.05	1 067.0	37.4
定西地区	43.14	1 566.5	67.58
平凉地区	36.21	2 137.3	77.39
庆阳地区	42.54	2 030.0	86.35
临夏地区	13.98	3 166.0	44.26
全区合计	209.84	1 763.7	370.09
其中陇中区	131.09	1 574.1	206.35
甘肃全省	375.8	2 039.7	766.19

第四阶段,1994 年至今,为波浪式发展阶段。虽然经历了一年丰收,三年旱灾,粮食生产仍出现历史上两个最好收成年,1996 年粮食总产达到 826.6 万 t,1997 年稍有回落,但仍达到 766.16 万 t 单产为 2 040kg/hm<sup>2</sup> 人均占有粮稳定在 321kg。

甘肃省丰收的 1996 年粮食总产也仅 826.6 万 t。1997 年由于旱灾的影响,粮食总产又跌为 766.16 万 t。虽然粮食生产系统的稳定性提高了不少,产量波动仍较大。按照规划,“九五”末甘肃省的粮食总产要达到 900 万 t 人均产粮 350kg,稳定解决温饱,实现粮食自给。与 1996 年和 1997 年比较粮食仍有 74 万 ~ 134 万 t 的缺口。

### (三) 贫困问题

生态环境脆弱、旱灾长驻、人口压力、粮食问题综合作用的结果,使本区的贫困问题一直得不到解决。贫困,成为继环境问题、粮食问题之后第三大制约黄土高原区生态环境建设与农业可持续发展的因子。

具体地讲,一是干旱缺水,年降水量 250~500mm 且变率大 大雨暴雨多;二是生态环境恶化,水土流失严重,黄土高原地区森林覆盖率仅为 7.2%,严重水土流失面积达 43 万 km<sup>2</sup>。每年输入黄河的泥沙量达 16 亿 t 三是经济发展滞后 人们生活困难 贫困人口多 粮食产量低而不稳,人口增长速度高于粮食增长速度,国家级、省级贫困县多达 200 个 综合表现为生态恶化循环、经济恶性循环,社会发展恶性循环;四是科技落后,人民文化水平低下,文盲、半文盲人口占总人口的 24.33% 高于全国平均水平。

目前,甘肃省的粮食自给率不到 70% 尚有 12% 的人口没有解决温饱,这些人口的大部分就生活在陇中丘陵沟壑区。

甘肃省中部 18 个干旱县,也是经济最贫困的县,就集中在陇中丘陵沟壑区。如“苦瘠甲天下”的定西县,1949~1983 年 35 年间,粮食平均单产仅由 525kg/hm<sup>2</sup> 增加到 1 276.5 kg/hm<sup>2</sup>。粮食生产突出表现为区域、品种、产投、产需、人粮之间的 7 个不平衡。目前的情况亦不容乐观,单产水平也仅 1 200~1 800 kg/hm<sup>2</sup>。据资料显示,1986 年定西县人均收入仅 120~150 元,农民贫困的程度自是无需细表。2000 年人均收入也不过 800~1 000 元,且现

金的比重不高，温饱基本解决，富裕尚需努力。

本区的贫困也是一个历史的问题，除生态、干旱、人口、粮食等问题外，历史上战乱、戎边垦荒、过垦过牧及新中国成立后“以粮为纲”的政策等，都是造成生态—干旱—人口—粮食—贫困恶性循环的主要原因。即使增产的年份，因为不增收，贫困的问题也得不到缓解。主要的表现是农民的现金收入比例不高，可持续发展的后劲不足。

解决贫困问题历来也是各级政府部门施政工作的重点。现今，虽然贫困的程度已大大降低，但得到根本解决仍然任重而道远。

## 二、陇中丘陵沟壑区生态环境建设面临的挑战

### （一）水资源危机 干旱加剧

#### 1. 干旱缺水是人类所面临的第一生态问题

据资料介绍，世界干旱半干旱地区遍及 50 多个国家和地区，约占地球陆地总面积的 34.9% 我国也有 52.5% 的面积是干旱半干旱地区。这类地区主要靠 250~550mm 的自然降水发展农业生产，水分亏缺是首要制约因素。随着社会进步、经济的发展和人口的增长，人类对水的需求愈来愈多，水的供需矛盾也愈来愈尖锐。目前，全球约有 40% 的人口、80 多个国家，面临严重缺水，水资源危机日益加剧。

据统计，我国黄土高原区干旱发生频率达 27%~41%，平均为 36%；约 9 年一大旱，频率为 11%；4 年一小旱 频率为 25%，持续两年连旱的频率平均为 45% 最高达 52% 持续 3 年连旱的平均频率为 21% 持续 4 年连旱的平均频率为 11%。赵松岭等人对甘肃省黄土高原降雨特征分析指出，本区雨季一般 6 月中下旬开始，9 月中下旬结束，雨季雨量 162.1~352.4mm，雨季高峰期在作物收获后才到来，使大量的雨水无效损失。5、6 月降水低谷与 7、8、9 月丰水季交替出现，是本区正常的天气现象。这一降水低谷引起土壤水分低值槽现象，造成夏粮作物的“卡脖子”，严重影响产量。这种水分供需错位的矛盾，正是造成黄土高原干旱经常发生的重要原因。

我国西北黄土高原地区，多年平均径流量人均  $541\text{m}^3$  每公顷耕地  $2\ 625\text{m}^3$  分别为全国平均水平的 22% 和 10% 左右，仅为世界平均水平的 4.2% 和 8.3%，80% 以上农作物生产依赖天然降水。甘肃省水资源总量仅 306 亿  $\text{m}^3$  人均  $1\ 300\text{m}^3$  居全国第 22 位，旱地面积占 77.2% 有 81% 的人口靠天吃饭。

20 世纪 80 年代以来，全球气候变暖趋势明显，我国北方干旱加剧。进入 90 年代以来，每年受旱面积扩大到 2 667 万  $\text{hm}^2$  比 50 年代增加 1.5 倍以上，使我国每年因干旱缺水少产粮食 1 000 亿 kg。近年来，干旱不断加剧，愈演愈烈，相继发生了 1995、1997、1999、2000、2001 年 5 次特大旱灾。缺水导致过量引用地表水和超采地下水，致使旱季常发生河流断流干涸，地下水位大幅度下降，导致我国西北内陆河下游湖泊干涸，土地沙漠化、盐碱化不断发展。黄河出现高频率、长时间断流，华北地区地下水漏斗等严重生态环境问题，已威胁到人类生存环境和农业的可持续发展。

#### 2. 自然降水是农业生产惟一可利用的潜在水资源

我国干旱半干旱区地表水和地下水极其匮乏，由于地形破碎，丘陵起伏，东高西低，南水北调工程大、耗资巨，前景不容乐观，致使天然降水成为农业生产惟一可资利用的潜在水资源。

但降水少，变率大，供需错位，利用率低。我国黄土高原干旱半干旱区的集中分布带黄土高原地区，地处内陆，大陆性季风气候明显，冬季寒冷干燥，夏季炎热潮湿多雨。干燥度由东南向西北增高。多年平均降水量 492mm，降水地区分布不均，东南部多雨，西北部干旱少雨。年降水量由东南向西北递减，秦岭为 600~700mm 靖远、银川一带不足 200mm。降水量年内变化较大，多集中在雨季，占 52%；暴雨多，变率在 15%~40%；6~10 月降水量占全年的 65%~80%；其他旱季降水量只占 20%~30%。一般丰水年雨量是枯水年雨量的 3~4 倍。甘肃省黄土高原区降水量多在 400~600mm 之间，作物休闲期降水损失的水分就达同期降水的 57%~58.1%。

由于降水分布不均，常与作物间供需错位，春、夏季的无效降水分别占同期降水量的 30% 和 13%，5~6 月土壤含水量低值槽期与 7~8 月降水的高峰期交替出现，干旱呈常驻性，且作物在雨季到来之前收获，降水利用率约为 30%~40% 低者仅为 10%。降水生产效率仅为 3~6kg/(hm<sup>2</sup>·mm) 尚有 60%~70% 的降水以地表径流和无效蒸发的方式损失。

### 3. 发展非灌溉地农业生产是解决粮食问题的重要途径

据近 20 年的资料，世界上粮食增产中 25% 归功于扩大耕地面积，74% 归功于提高单产，灌溉是非常重要的提高单产的措施之一。据世界粮农组织 (FAO) 统计，1992 年世界灌溉面积共计 2.5 亿 hm<sup>2</sup>，比 50 年代初的 1 亿 hm<sup>2</sup> 扩大了一倍多，虽然只占世界总耕地面积的 18.54%，却生产了世界粮食总产的 40%。但近年来增长不足 1%。而世界持续增长的人口，到 2000 年要求比 1980 年多 50%~60% 的农产品才能满足需求。这就意味着不足部分的农产品必须由干旱半干旱的非灌溉耕地来生产。农业向这些脆弱地区的扩展，势必使有效利用降水资源成为摆在我们面前的重要挑战。以雨水集蓄利用的径流农业 (Runoff Agriculture) 便应运而生，一度成为国外发展非灌溉地生产的主要形式。在此基础上，微集水农业 (Micro Water Catchment Agriculture) 也诞生了。两种形式被推崇为缓解水、粮危机的有效途径之一。

#### (二) 旱农增产技术的增产潜力已接近极限

旱农生产在我国具有悠久的历史，积累了丰富的经验，建立了以旱地耕作制、轮作制、施肥制和抗旱作物及品种的配置为四大支柱，以蓄水保墒、豆科作物轮作和施用有机肥料为核心技术的一整套与干旱作斗争并适应干旱的旱农制度。该制度构成了相当一段时期我国旱农 (包括黄土高原在内) 增产技术体系的主体，长期以来，在提高旱农生产力、解决粮食问题方面做出巨大的贡献。旱农增产技术的增产潜力已接近极限，表现在以下几方面：

##### 1. 旱农增产技术的技术水平及其局限性

陇中丘陵沟壑区的旱农增产技术的发展，与全国一样经历了以旱地耕作制、轮作制、施用有机肥料和抗旱作物及品种配置的有机旱作发展过程。该区的旱作农业还包括以“自然降水全部就地拦蓄入渗利用”的水土保持和梯田建设为主的水土保持型旱地农业。以“梯田 + 品种 + 施肥”为特征的旱农增产技术体系研究与推广 (表 1-10)，已使现有旱农增产技术潜力的发挥接近旱农界定下的极限。虽然使旱农生产力由 450~750kg/hm<sup>2</sup> 提高到 2 250~3 000kg/hm<sup>2</sup>，但仍无法解决旱农地区的常驻性水分亏缺的胁迫问题。

一批旱地作物的高产记录超过了理论估算的“降水潜势”，已接近“光温潜势”，表明从旱农定义下的研究工作的潜力的实现已接近极限。但由于降水的分布不均、供需错位，旱农研究和生产仍摆脱不了产出低、不稳定、投入效益差三大问题的困扰，旱农生产为有较大风险

性的产业。

表 1-10 旱农增产技术的发展阶段及技术水平

发展阶段	水土保持耕作	梯田建设	化肥良种配套	优化栽培	集雨灌溉
主要技术	水土保持耕作,少量施用有机肥,抗逆品种	深耕改土,增施有机肥,少量施用化肥	增施化肥,良种配套	常规栽培技术优化组合配套集成	工程、生物、农艺、化学、管理、节水技术高度集成
生产力水平 (kg/hm <sup>2</sup> )	450 ~ 750	750 ~ 1 500	1 500 ~ 2 250	2 250 ~ 3 000	> 3 000
增产原理	水土保持、肥土	增加土壤蓄水	提高水分利用率和利用效率	提高水、土、光、热资源的利用率	调控使用雨水,增加水分供应,雨水制旱
对环境的影响	不同程度地减少水土流失	基本控制水土流失	除过牧外,植被破坏得到遏制	部分耕地退耕还林、还牧	资源永续利用,生态良性循环

## 2. 旱农技术增产潜力

表 1-11 是基于 400mm 降水计算的本区粮食生产潜力。由表 1-11 可以看出,旱地农业的粮食平均理论产量(最大产量)为 12 093kg/hm<sup>2</sup> 最大可开发潜力为 7 975.5kg/hm<sup>2</sup> 约为理论产量的 66.2% 现实生产潜力为 5 470.5kg/hm<sup>2</sup>, 约为最大可开发潜力的 68.5% 实际可达到的产量水平为 2 919.0kg/hm<sup>2</sup>, 约为现实生产潜力的 53.3%。表明粮食生产潜力巨大。但现行的旱农增产技术已无法充分发掘这种潜力。

表 1-11 旱农增产技术的增产潜力 (单位:kg/hm<sup>2</sup>)

潜力	小麦	玉米	马铃薯	谷子	杂粮	油料	大豆	平均
光	7 933.0	11 796	13 788	14 337				12 093
光、温	7 039.5	7 455.0	9 384.0	8 031.0	3 510.0	3 091.5	3 450.0	7 975.5
光、温、水	4 357.5	3 798.0	4 737.0	5 728.5	2 010.0	2 505.0	1 905.0	5 470.5
光、温、水、土	2 848.5	2 484.0	3 097.5	3 745.5	1 314.0	1 593.0	1 246.5	2 919.0

### (三) 旱农增产技术急需解决的关键问题

根据对当前旱区自然降水管理现状的分析,旱地水肥关系研究结果和旱农生产的发展要求均表明,自然降水全部就地拦蓄入渗指导思想的局限性,以及目前形成的旱农技术效能的有限性。我们的研究表明,干旱使旱地土壤水分严重亏缺,成为进一步提高作物产量的限制因素。早年施用化肥几乎不形成增值,丰、歉年间产量波动仍很悬殊。在大田试验和盆栽试验中,增加供水的增产效应十分显著地优于施肥。由此可见,进一步研究解决土壤水分亏缺问题,是旱农生产再上新台阶的突破口。

自“八五”以来的所有研究结果,都说明半干旱区在土壤养分改善的条件下,水分成为限制作物产量的主导因子。研究解决作物水分胁迫问题,是当前旱农研究的核心问题。

#### （四）旱农增产技术面临新的挑战

随着旱农研究和生产水平的进一步发展，现有旱农技术潜力的发展已逐渐接近旱农界定下的极限，尽管现有旱农技术将在未来旱农生产上继续发挥作用，而且也是现在和未来研究和发展的基础，但研究和生产面临的急需解决的关键问题则集中在旱区水问题的解决上，就连“以肥调水”的积极倡导者也认为旱地作物高产需要解决水分亏缺问题。

旱农研究的关键，在于如何使有限的自然降水高效利用，使有限的天然降水资源化、产业化。突破现有旱农概念中关于“不进行灌溉”和“没有灌溉条件”定义的约束。因此，急需在研究的学术思想和技术路线选择上取得突破，使旱农研究和生产水平上新的台阶。

### 第三节 陇中丘陵沟壑区高效农业生态区建设的总体规划

综观黄土丘陵沟壑区区域农业及农村经济存在的急需解决的主要问题，集中表现在生态环境、粮食和贫困三大问题上，也是黄土高原区域存在的共性问题。试区处在黄土高原丘陵沟壑区的“苦瘠甲天下”的定西县境内，具有科技攻关的典型代表性，有关重大问题的解决和攻关取得的成果易于在大面积生产上应用推广。

#### 一、总体规划的思路及技术路线

##### （一）生态建设初期“七五”期间

规划设计思路：充分利用同类型区已有的单项研究成果和适用技术，尽量加入新组分，按生态学和系统工程学原理进行组装、试验、印证、应用，主攻土地生产率低和水土流失严重两大难关。

考核目标：以小流域为单元，实现减沙 50% 人均产粮达到 400kg 人均收入达到 300元，林草面积率达到 40% 投产比达到 1:2。

技术路线：自然降水就地拦蓄利用，建立旱地农业增产技术体系，发展饲草、饲料生产相匹配的畜禽养殖业。靠小型工程组合，农、林、草、果科学配置，作物丰产技术规范，以及围绕充分、高效利用饲草、饲料资源建立牧业服务体系的方法，落实技术路线，完成预定目标，形成阶段类区治理模式。

核心技术：建立粮食稳定增产一倍以上的旱地农业增产技术体系；变害为利，建立把流域内微地貌形成的雨水集流地改造成高产林、果地的技术体系；治理与开发有机结合，生态、经济、社会效益兼顾。

##### （二）生态建设中期“八五”期间

规划设计思路：“八五”期间的主攻方向为进一步提高土地生产力和更有效地控制水土流失。研究目标为建立黄土丘陵沟壑区小流域综合治理、自然资源合理利用的高效生态系统，树立农业持续稳定发展的样板。总体设计以环境治理为主，通过土地治理技术的有效调控，实现水资源的高效、富集利用，为农业持续发展提供良好的外部条件；以研究旱地农业持续发展的内部机制为主体，实现对自然降水的高水平利用，发展畜牧业生产，最终建立高效的农业持续发展的生态系统和生产模式。

考核目标：治理面积 766.7  $\text{hm}^2$  治理度 83.6% 林草面积 412.53  $\text{hm}^2$  林草面积率达到

45%；基本农田达到 333.33 hm<sup>2</sup>；侵蚀模数降至 2 170t/(km<sup>2</sup>·a)；人均产粮 470kg 人均收入 720 元。

技术路线：以自然降水高效利用作为本期攻关的突破口，力图在半干旱区集水高效利用技术体系研究，旱区生物资源的引进、鉴选与利用研究，旱农水、肥问题研究，畜牧适度规模养殖技术，以及高效农业生态区建设宏观研究诸方面取得突破。在试验场、试验示范区、科技示范乡建设、大面积辐射推广 4 个层次上安排开展本期研究与示范推广工作，力求取得显著进展。并在高效农业生态区建设、旱区集水高效利用技术体系研究、环境系统治理、旱地生物种质资源建设、旱地黄绵土培肥、畜牧适度规模养殖等方面取得了突破性进展。其中，旱区集水补灌农业技术成为本期攻关的特色，有可望成为黄土高原区域攻关的一项硬技术。

### （三 生态环境稳定发展期“九五”期间）

规划设计思路及攻关目标：以控制水土流失、改善生态环境、提高粮食产量、增加农民经济收入为主攻方向，以自然降水高效管理与利用为突破口，探索黄土高原西部半干旱丘陵沟壑区生态环境改善，旱农抗旱丰产，流域经济持续发展的途径与成套技术，为 21 世纪该区域农业与农村经济发展服务。

考核指标：1996~1998 年 实现粮食单产 2 250kg/hm<sup>2</sup> 人均产粮 450kg 人均纯收入 1 450 元。水土保持治理度达到 89.3%，侵蚀模数降至 800t/(km<sup>2</sup>·a)。示范推广面积 4.7 万 hm<sup>2</sup> 以上 新增产值 1.2 亿元 新增粮食 3 000 万 kg。确定的攻关目标，完全符合陇中丘陵区农业生产和经济发展的要求，毋需调整。试区所在的定西县，不仅是国家列入控制水土流失的重点治理县，也是我国“三西”建设和重点扶贫地区之一。严酷的自然条件和历史的社会因素，使该地区成为我国生态环境的脆弱带、北方旱作农业的低产带和“苦瘠甲天下”的贫困带。攻关目标和考核指标的实现，对黄土高原西部丘陵沟壑区的国土治理和农业经济发展具有重要的指导作用和现实意义。

关键技术：重点突破旱区集水高效农业技术体系，攻关解决较大规模天然集水与人工集水技术、旱地作物高效补灌技术、作物抗旱丰产技术，发展集水型高效日光温室和塑料大棚蔬菜生产、高产果园建设、高产饲草料作物种植及适度规模养殖等，高效利用自然降水，使之成为旱区农民增产增收的主体技术。

技术路线：

(1)在研究的主线条上强化旱区集水高效农业技术体系研究，实现天然降水的资源化，在旱农生产上发挥作用。

(2)坚持以旱农为主的特色研究，强调创新，形成硬技术。

(3)强调区域经济开发研究，大幅度增加农民经济收入；加强成果示范推广，在大面积生产上发挥样板作用，产生显著规模效益。

通过 1996~1998 年的实践证明，关键技术研究开发的技术路线是完全正确的，坚持下去完全能达到预期的目标。集水高效农业建设已大见成效，展现了广阔而良好的应用前景。从时空上调节和弥补了水资源的部分不足，缓解了自然降水对农作物供需错位的矛盾。以覆盖栽培和集雨节灌为主的增产技术，开拓了旱地农业新领域，扩大了高产、高效、优质作物的种植范围，增强了系统的抗灾能力和稳态机制。试区已在控制水土流失、合理利用自然资源、提高土地生产力、促进区域农村经济发展方面做出了突出贡献。

## 二、总体规划框架

### (一) 建设初期的规划设计

#### 1. 总体目标

通过采用综合治理技术,最大限度地提高土地利用率,保持水土资源;通过不同培肥地力途径,发展适宜的生物群体,不断提高土地生产力;在新的基础上,建设新的具有自身特点的高效能的开放高效生态区,从而解决由于人口增长等因素造成的农民不断增长的物质需求问题,使农民脱贫致富。

#### 2. 主攻方向

在总体上形成稳定高效的大农业生产体系和良性循环的农业生态系统,实现土地资源的保护、提高、利用、开发,以达到物质和能量在农业系统中最大限度地循环转换和高输出,充分发挥黄土高原土地资源、光热资源丰富的优势。

#### 3. 主要建设研究内容

- (1)不同类型土地合理利用与水土保持措施优化配置方案及其实施;
- (2)林、果、草生产体系研究;
- (3)旱地农业增产技术体系研究;
- (4)畜、禽良种引进、饲养、繁育体系及种草养畜配套技术体系研究。

#### 4. 总体设计框图

总体设计框图见图 1-1。

### (二) 建设中期的规划设计

#### 1. 总体目标

建立黄土丘陵沟壑区小流域综合治理、自然资源合理利用的高效生态系统,树立农业持续发展的样板。

#### 2. 主攻方向

在建设初期(“七五”)工作的基础上,进一步提高土地生产力,更有效地控制水土流失。治理、改造、利用环境资源,提高系统内物质生产能力及第二性生产的转化利用效率,形成旱地农业持续发展的外部环境 with 内部机制。

#### 3. 主要研究内容

- 资源合理利用及治理措施的优化配置;
- (1)环境系统治理技术研究;
  - (2)旱作农业持续稳定增产技术研究;
  - (3)半干旱农区发展节粮型畜牧业研究。

#### 4. 采用的技术路线

(1)定性 with 定量相结合。从农业生态系统的多目标出发,做好科学规划设计,应用生态学、系统工程、综合农业科学技术,使农林牧各子系统协调发展、农业大系统功能最佳,全面提高土地生产力和经济效益。

(2)以植物措施为主,植物措施与工程措施、农艺措施相结合,沟坡兼治,实现自然降水