

王家沟流域低产田的改造与培肥

陈乃政 曲继宗 王征兰

提 要

王家沟流域在综合治理的同时,从改造坡耕地入手,坚持30年梯田建设,把一片瘠薄、干旱、低产农田,建设和培肥成为旱涝保收,高产稳产农田,为黄土高原坡耕地治理树立了典范,积累了丰富的经验。本文通过多年观测、调查资料,全面分析总结了王家沟流域梯田建设培肥的经验与效益,为坡地修梯田、低产变高产提供科学依据。

王家沟流域居黄土高原丘陵沟壑区第一副区,面积 9.1km^2 。海拔高度900—1320 m,无霜期160—200天。年平均气温 9°C ,降水量500.6mm,蒸发量1854mm,日照时数2592h,总辐射量 $586\text{kJ}/\text{cm}^2$ 。流域内农田的主要土壤类型为黄绵土性土,土质深厚,质地轻—中壤, $\text{pH}7.5\text{—}8.5$ 。地下水位特深,无灌溉条件,历来以旱作农田为主,主要栽培谷子、高粱、豆子、马铃薯等大秋作物。全流域有5个自然村,据1985年底统计人口1436人,大牲畜61头,猪178头,羊640只。治理初期(1960年)有耕地5810亩,99%以上为坡地,总产量为36.15万kg,平均亩产36.2kg,农业生产水平很低。

王家沟流域是水土保持老典型,早在1958年就开始了治坡修梯田,截止1988年统计,水平梯田已达到3500亩,占耕地面积的78%,人均梯田2.4亩。采用增加化肥投入,实行种草养畜,精耕细作,扩大养田作物的种植面积,提高了土壤肥力,增加了作物产量。

一、坡地低产原因及改造依据

王家沟流域的低产田主要是坡耕地,坡度陡,地块破碎。其低产的主要原因是:

1. **水土流失严重。**根据多年在坡度 $10^\circ\text{—}30^\circ$,坡长20—105m坡耕地的径流观测,1957—1968年的12年中,平均每亩每年流失水量 13m^3 ,流失表土4.6t。按表土中养分含量(氮磷0.03%)计算,相当于每亩流失N素1.35kg, P素1.35kg,依治理前坡耕地5810亩计算,总共流失氮磷量各7843.5kg。

2. **土壤养分含量低。**由于水土流失和施肥不足,养分长期入不敷出,亏损较多。1960年在坡耕地上多点测定,0—15cm土层中,土壤有机质含量0.33—0.4%,全氮0.026—0.03%;1987年测定,土壤有机质含量0.46%,全氮含量0.041%。如与全国土壤养分6级标准相比,有机质仅达全国最低标准含量的1/2,全氮含量达最低标准含量的2/3。

3. **耕作层浅。**坡地水土流失的存在和发展,使每年有0.6—1.0cm的土层被冲走,同时当地农民习惯于浅耕,深度仅为10cm左右。耕作层浅,不利于作物根系深扎,抗旱

能力很低,土壤不能发挥自调功能。

4.施肥量少,利用效率低。流域内畜牧业发展缓慢,秸秆还田率低,肥源缺乏,亩施有机肥450—500kg。近几年由于耕地减少,施肥量略有增加(500—750kg),尤以氮素化肥用量增加显著,每亩15—20kg,比治理初期增加了一倍左右。但由于水土流失降低了肥料利用率,每kg有机肥仅生产41.4kg粮食,每kg碳铵仅生产1.14kg粮食。

5.光热水资源利用率低。王家沟流域位于东经111°29′,北纬37°33′,属温带地区,自然气候条件适宜农业发展,但由于坡耕地土壤贫瘠,光能资源只能利用其0.1%左右。降水虽能满足亩产250—350kg需要,但利用率低,每mm降水仅生产0.25kg粮食。

二、改坡为梯是改造低产地的首要环节

根据有关资料,在影响产量的诸因素中,由于土壤瘠薄,使产量下降的因素占60—80%。因此,要改变低产面貌,必须首先从根本上改变地形条件,把坡地修成梯田,制止水土流失,稳定农田生态环境,进而通过各种耕作培肥措施,提高土壤肥力,实现稳产高产。

王家沟流域大面积修梯田分两个阶段,即人工修梯田阶段和机修梯田阶段。

(一)人工修梯田阶段。王家沟流域从1959年开始大搞梯田建设,截至1979年共修筑梯田2270亩,其中王家沟750亩,长大局340亩,王家山310亩。娘娘庙470亩,陈赵家塬400亩。据在王家沟、官道梁、松树梁等样板田定点调查,1960年王家沟四化山官道梁试验场120亩新修梯田大秋作物(玉米、高粱、谷子、糜子)平均亩产达到195kg,1964年王家沟410亩梯田、官道梁57.6亩梯田,大秋作物平均亩产达到285.8kg,1970—1978年大秋作物平均亩产稳定在222.5kg。在梯田修平18年中平均亩产231.5kg,比坡

表1 人工梯田不同修平年限作物产量(地点:官道梁)

年 份	作 物 产 量 (kg/亩)				平 均
	玉 米	高 粱	谷 子	糜 子	
1960	254.1	197.0	168.9	160	195.0
1964	267.5	346.7	266.2	162.8	235.8
1970	258.6	257.8	244.4	127.7	222.1
1978	224.7	275.5	217.0	174.5	222.9
平均	251.2	269.3	224.0	156.3	219.0
坡地	120	116	94.7	64.8	98.9
梯田比坡地增产 (%)	109.3	132.2	136.6	141.2	121.4

地相同作物平均亩产98.9kg,增产134%。

水平梯田经过多年耕作施肥,不但产量增加,而且土壤养分提高(表1、表2),物理性状改善(表3)。从表2可以看出,梯田修成后1—2年内,土壤养分可以恢复或超过原坡地肥力水平;5—6年内,耕作层有机质可达到0.6—0.7%;10年左右时间,有机质含量接近或达到1%。据多年试验,土壤有机质含量(%, x)与作物产量(kg/亩, y)呈极显著的正相关,回归式为 $\hat{Y} = 677.5x + 55.4$ $r = 0.993^{**}$ 。

表2 不同耕作年限土壤养分含量(0—30cm土层)

耕作年限	有机质 (%)	全氮 (%)	水解氮 (ppm)	有效磷 (ppm)
坡地	0.428	0.0340		
修平后第1年	0.316	0.0319	10—12	8.9
修平后第2年	0.515	0.0512	22.5	11.4
修平后第6—7年	0.640	0.0677		
修平后第10年	0.948	0.0862		
修平后第18年	0.936	0.0805	23.71	18.2

表3 梯田与坡地土壤物理性质比较(0—30cm土层)

项目 地类	容重 (g/cm ³)	孔隙度 (%)	三相比(%)		
			固体相	液体相	气相
坡地	1.16	52.73	45.49	10.98	43.53
新修梯田	1.24	51.20	49.73	14.81	35.46
修后6年老梯田	1.16	53.00	47.01	11.73	41.26
修后10年老梯田	1.08	53.48	46.57	10.10	43.33

(二) 机修梯田阶段。机修梯田是生产力较高的旱作农田,地平,块大,生产经营方便,易培肥,抗旱高产性能好,有利于机械耕作,因此发展很快。当地在七十年代试验机修梯田,八十年代进入大面积修筑,截至1986年统计,共修梯田2464亩,其中王家山448亩,娘娘庙386亩,赵家塬310亩,陈家塬350亩,大局220亩,长局316亩,王家沟434亩。机修梯田由于采取了得力的综合增产措施,当年可以增产,而且多年平均亩产量达228.4kg,比坡地增产1.31倍(表4)。

随着梯田耕作年限延长,改良了生土,培肥了土壤,1980—1986年7年中耕作层土壤有机质全氮含量,比新修梯田增加1倍左右,而且土壤物理性质相应得到了改善(表2、表3、表5)。

通过上述两个阶段发展概述表明,坡地修成梯田后产量和肥力的提高是明显的。如果按产量5等分级比较,水平梯田作物产量已全部进入3级以上,其中马铃薯为5级以

表 4 机修梯田不同修平年限作物产量 (kg/亩)

项 目 修平年限	年 份	地 点	作 物			
			马 铃 薯	高粱	糜子	谷 子
修平后第2年	1981	小 局 梁	200		180	200
	1982	赵 家 壩	250	200	180	200
修平后3—6年	1986	5个村产量平均	230.3	405	149.9	244.1
平 均			226.7	302.5	170	214.7
坡 地		5个村产量平均	120	116	64.8	94.7

表 5 机修新老梯田土壤养分含量比较 (0—30cm土层)

地 类	耕层深度 (cm)	有 机 质 (%)	全 氮 (%)	水 解 氮 (ppm)	有效磷 (ppm)
新修梯田	20	0.316	0.0319	15.5	7.2
老 梯 田	20	0.778	0.0662	35.4	17.5
坡 地	10	0.446	0.0445	20.2	7.2

上水平,坡地产量则多在3级以下;土壤养分按全国6等级比较,梯田耕层土壤有机质含量接近于全国最低标准,全N含量达到第6级标准,而坡地有机质、全N仅达最低标准的1/2左右(表6)。

表 6 梯田耕地土壤养分分级比较

项 目 土壤养分	土 壤 养 分			梯 田				坡 地			
	分 级 标 准			均 值	占 地 块 (%)			均 值	占 地 块 (%)		
	低	中 等	较 丰		低	中 等	较 丰		低	中 等	较 丰
有 机 质 (%)	<1	1—1.5	>1.5	0.778	85	15	0	0.446	100	0	0
全 氮 (%)	<0.065	0.065—0.085	>0.085	0.066	68.5	31.5	0	0.0445	100	0	0
水 解 氮 (ppm)	<40	40—60	>60	35.4	75	25	0	27	60	40	0
有 效 磷 (ppm)	<10	10—14	>14	17.5	0	0	100	7.0	70	30	0

注: 1.土壤养分是1987年测定数字; 2.有效磷、水解氮为1978年多点平均数字。

三、新修梯田土壤培肥及增产措施

(一) 深耕多耙耱。坡地修成梯田后,立即深耕或人工深翻23—33cm。机修梯田

在深耕后还要用土犁浅耕一次，然后打碎土块，进行多次耙耱，使土壤疏松，软绵细碎，蓄水保墒，减少水分蒸发，促进生土熟化。根据试验，深耕、深翻比当地浅犁可增产11—37%；如不深耕则减产。流域内的大局村1985年修梯田30亩，当年没有深耕，在相同施肥条件下，糜子亩产30—50kg，比邻近娘娘庙梯田深耕种糜子减产50%以上。

(二) 增施有机肥料。有机肥料肥效稳长，可以熟化生土，改良土壤，为农作物提供充足的营养物质。治理初期（1958—1964年），流域上游娘娘庙等4个村由于耕地多，有机肥缺乏，在农耕地上实行了草田轮作，种草木樨1100亩与作物轮作，利用草茬增产和种草养畜，提高了肥料用量。1964年底统计分析，大牲畜比治理前增加44%，猪增加2.6倍，平均亩施肥由过去250kg增加到800kg。娘娘庙、王家山、陈赵家塬、长大局村粮食总产量比1957年增加27%。流域沟口的王家沟村养猪276头，羊405只，种草100余亩，实行玉米、高粱秸秆沤肥，亩施有机肥2000kg，比对照（施有机肥500kg/亩）在相同条件下增产44.2%。王家沟流域新修梯田施肥调查，新修梯田种植马铃薯、谷子，亩施肥3750kg，比亩施肥1500kg能增产36.4—87.5%；豆子亩施肥1500kg，比不施肥的增产55.3%（表7）。

表7 有机肥料增产效果

项 目 地 点	作 物	有机肥 (kg/亩)	产量 (kg/亩)	产量比 (%)	备注
陈赵家塬	谷子	3750	300.0	136.4	羊厩肥
	谷子	1500	220.0	100.0	羊厩肥
王家山	马铃薯	3750	1875.0	187.5	杂肥
	马铃薯	2000	1000.0	100.0	杂肥
王家沟	豆子	1500	116.5	155.3	杂肥
	豆子	不施肥	75.0	100.0	杂肥

(三) 增施化肥。新修梯田的耕层土壤养分贫瘠，氮素养分更为缺乏，如单施有机肥料，养分分解释放较缓慢，不能满足作物对氮素的需要。据我们1988年新修梯田试验，每亩施有机肥（杂肥）1000kg，在马铃薯生长期亩追施硝铵15、30、45、60kg，分别比对照增产46.4%、65.6%、82.8%、99.2%；老梯田种植高粱，每亩施有机肥2000kg（羊肥），碳铵12.5kg，在高粱拔节期追施硝铵10kg，亩产500kg，比对照增产25%；种植马铃薯，亩施有机肥2500kg，碳铵15kg，亩产马铃薯1333.5kg，比对照增产21.2%。

(四) 增施黑矾（FeSO₄）。黑矾含有相当数量的有效铁、锰、锌（Fe、Mn、Zn）。在施有机肥同时结合施用黑矾，可以使土壤疏松，降低pH值，增加微量元素，增产效果明显。多年试验结果表明，人工梯田亩施有机肥1000kg结合施15kg黑矾，比对照增产10—20%，冬小麦、高粱、谷子、糜子增产率分别为18.9%、17.7%、9.6%、16.4%；1988年机修梯田亩施黑矾15—60kg，亩产马铃薯690—1960kg，比对照增产

26.6—81.6%。

(五) 其它农业技术措施。选用适宜的先锋作物与优良品种, 合理轮作, 调整种植结构等, 都为梯田增产培肥起了良好作用。

四、新修梯田培肥的经济效益与水土保持效益

坡地修成梯田并经多年培肥熟化, 耕层有机质已普遍达到0.81%, 全氮0.072% 水平, 分别比对照坡地增高0.37%与0.032%; 主要作物平均亩产达到200kg以上, 比坡地增加1倍多。经济效益以1986年梯田、坡地产出投入计算为例, 水平梯田亩产出为123.94元, 投入为17.83元, 产投比6.95, 比坡地增加了1.5倍; 亩净产值为106.11元, 比坡地增加2.8倍(表8)。水土保持效益据我们多年的径流观测, 坡地修成梯田后, 每年亩平均土壤冲刷由原来的4.5t下降为0.42t, 每亩径流量由13m³减为4.33m³, 效益十分显著。

表8 梯田与坡地经济效益比较

作物 地类 项目	高粱		马铃薯		谷子		糜子		豆子		平均	
	梯 田	坡 地	梯 田	坡 地	梯 田	坡 地	梯 田	坡 地	梯 田	坡 地	梯 田	坡 地
产出(元)	170.10	52.47	136.30	55.20	115.49	36.19	81.21	33.26	116.61	41.06	123.94	43.03
投入(元)	18.74	13.52	27.27	25.60	22.66	19.29	14.01	10.52	8.00	6.50	17.83	15.08
产投比	9.08	3.88	4.99	2.16	5.10	1.88	5.80	2.88	14.57	6.32	6.95	2.85
净产值(元)	151.36	38.95	109.03	29.61	92.83	16.90	67.20	19.74	110.11	34.56	106.11	27.95
梯田比坡地 多收入(元)	112.41		79.42		75.93		47.46		75.55		78.16	

五、问题与解决途径

王家沟流域通过30年的坡地治理和梯田培肥实践, 坚持把一半农田由“三跑田”建设成了“三保田”, 为农业增产奠定了良好基础。其间经过由人工修筑梯田发展为高标准机修梯田, 由小区培肥高产试验发展到大面积示范推广, 进而发展到标准化、系列化的综合配套高产措施。他们主攻方向是正确的, 措施是得当的, 效益也是显著的, 在晋西丘陵区有代表性, 可以大力推广。但在治理建设过程中, 也存在着一些问题, 主要是有机肥料较缺乏, 难以支持长期培肥地力的需要。有机肥不足的原因是畜牧业发展缓慢, 种草面积小。据1979年统计, 王家沟流域内5个村年底存栏猪552头, 羊1167只, 大牲畜96头, 最多时期养猪曾发展到600头, 羊1500只左右; 1986年统计, 养羊仅有600只, 猪不到200头, 种草不到100亩。黄土高原综合治理试验示范区确立以来, 我们和当地政府做了大量工作, 1988年底养羊已发展到2000只, 种草500亩, 养猪发展较慢; 豆类养田作物已增加到耕地的12%, 传统的豆禾轮作制得到继承与改善, 化肥用量增加, 碳铵每亩用量达到30kg左右。尽管如此, 肥料用量还远远赶不上生产发展的需要, 为此, 必须从以下多方面增加农田营养物质:

1. 退耕种草养畜，增畜增肥。流域内基本农田的建设完成了预期目标，实现了人均2亩指标，尚有1000—2000亩坡耕地急需退耕种草，实行草田轮作，发展畜牧业，增加肥源。

2. 增加作物秸秆还田率。目前高粱，玉米等秸秆还田率仅有30%左右，大部分秸秆做了燃料，利用率较低，须动员农民积极进行秸秆过腹还田，提高秸秆利用率。

3. 继续扩大自给养田作物——豆类作物种植面积，同时引进优良品种，增加产量和收入。

4. 增加农田化肥投入，以弥补有机肥料的不足。

Amelioration and Fertilization of Low Productive Land in Wangjiagou Watershed

Chen Naizheng Qu Jizhong Wang Zhenglan

Abstract

Wangjiagou watershed has a total area of 9.1 square kilometers. Before the soil loss control measures were practiced, 99% of the 5810 mu cropping land was slope land with a yearly average water loss of 13 m³/mu and soil loss of 4.5 tons/mu. Soil and water loss as well as insufficient fertilizer supply result in decreased land productivity. Organic matter content in the top soil is only 0.3 to 0.4% with a grain yield of 50 to 70 kg/mu.

In 1958, terracing slope land was started in this watershed. During the past three decades, 3500 mu of terrace (including man-made terrace of 1000 mu) has been built, which reduces soil and water loss by more than 90%.

To increase grain yield and fertilize land as soon as possible after its terracing, a series of high productive measures including deep tillage, increased supply of fertilizer, chemical fertilizer and ferrous sulphate, and adoption of outstanding crops etc. are used and combined with other agricultural techniques to make the annual yield of new terrace more than 200 kg/mu in the year it is built. This yield is 1.4 times of that on slope land.

Fertilization of newly built terrace requires years to accumulate soil nutrient. Generally speaking, organic matter in the top soil of new terrace could returns to and exceeds that in slope land top soil within one or two years, increases to 0.6 to 0.7% within four to six years, and reaches 0.8 to 1.0% after seven years. The economic benefit of terracing is notable; net income can be 101.6 Yuan/mu, which is 1.8 times higher than that from slope land.