

隔坡梯田优化设计试验研究*

高晓玲 蒋定生

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要 试验采用二次正交旋转回归组合试验设计方法,通过野外试验,着重研究了影响隔坡梯田优化设计中的三个主要因素——平坡比、地面坡度和坡面种植方式对隔坡梯田水平田面部分粮食产量,水分增量,拦沙量等方面的影响,得到定量描述这些因素与目标函数之间的多维反应面回归方程,以及隔坡梯田设计有关参数。

关键词 隔坡梯田 优化设计 平坡比 坡段利用方式

Experimental Study on Interval Slope Terrace

Gao Xiaoling Jiang Dingsheng

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Using methods of crossed-rotary-regression-composite-design, based on field experiment, impacts of three main factors, which include ratio of terrace width to interval slope length, surface slope degree and planting patterns on optimum design of interval terrace were studied. Multiple dimension regression equations between these affecting factors and target function were quantitatively described, and relative parameters of interval slope terrace design were worked out.

Key words interval slope terrace optimum design proportion of terrace width to interval slope length use patterns of slope land and terrace

1 前 言

水土流失和干旱是影响黄土高原农业持续发展的主要因素。黄土高原地区约70%的耕地为坡耕地,水土流失严重,产量低而不稳,经数十年的努力,全区共修水地、梯田、坝地、埝地、砂田、川台地等基本农田628.86万ha,其中梯田、坝地、埝地278.048万ha,占基本农田总数的44.2%。水平梯田在拦泥蓄水,改善农田生态环境,提高粮食产量方面有显著效益^[1]。

但水平梯田也存在一些问题,诸如:(1)坡地修成水平梯田后,由于地埂影响,地表面积增大,因而梯田水分蒸发损失也相应增加。据观测,梯田横断面上土壤含水量,以田块中部最高,填土部位和切土部位比之要低0.5%~1.5%^[2]。导致这两个区域内作物生长不良。(2)水平梯田连台布设,一块地对一块天,土壤水分补给主要是天然降水,其多寡直接受降水所左右,土壤有效蓄水量并不高,

影响水平梯田生产潜力的发挥,这在干旱地区更甚。(2)标准梯田具有20~30cm边埂,按理可以拦蓄大于本身面积数倍的坡地来水量,其拦蓄能力未得到充分利用。(3)工程量大,耗资较多,修筑费工,影响对水土流失的治理速度。

黄土高原水土流失治理速度比较缓慢,截至1978年底,初步治理面积约7万 km^2 ,占水土流失面积的17%,按实际治理时间计,平均每年治理仅及1%^[3]。因此,加块治理速度已是亟待解决的问题。建国以来,黄河下游河床淤积日重,河道引洪能力锐减,决溢威胁与日俱增,这与大量坡耕地的存在和未能得到快速有效治理很有关系。

目前主要是通过调整土地利用结构和兴修水平梯田来控制坡耕地的水土流失。但修筑水平梯田费工多,投资大。据统计,在20°左右的坡面上,修1亩8m左右宽的梯田,要投劳80个以上,而用推土机修1亩10m左右宽度的梯田,需投资180~200元。黄土高原地区坡耕地面积大,劳力少,资金不足。因此,近期内要想把全部坡耕地改造成为水平梯田是不现实的。迫于粮食压力,一些坡耕地要迅速退耕还林还草也存在实际困难。

隔坡梯田是60年代在黄土高原出现的一种治坡工程措施(图1),由于它每修水平梯田一台,上方保留一定面积和原坡面不动,这就大大加快了治理坡耕地的速度;而且隔坡梯田中坡面上的来水汇入平段水平梯田之中,补充其水分之不足,开展径流农业,提高农田抗旱能力,隔坡梯田能充分利用梯田的拦蓄能力,具有显著的拦泥、蓄水、聚肥和增产作用。

近年,杨光琦、尹传逊、蒋定生等人都在开展隔坡梯田的研究^[2,4,5],并取得了一些有价值的成果,这为隔坡梯田的设计、施工提供了重要科学依据。

总的看来,隔坡梯田在设计中还有两个问题没有妥善解决,亦即:(1)如何合理地确定水平面宽度与隔坡长度之比(简称平坡比);(2)隔坡如何配套利用,是继续作为农地,还是退耕还草,哪种利用方式效益最大?那种隔坡梯田运行最安全?在这两大问题中,平坡比是隔坡梯田设计中的主要矛盾。

本文从农业系统工程的原理出发,选定地面坡度,平坡比和隔坡坡段土地利用方式为主要因素,采用二次正交旋转回归组合试验设计方法,通过野外试验和分析,得出了在不同地面坡度情况下兴修隔坡梯田时的平坡比和坡段土地配套利用方式等方面的量化指标,为隔坡梯田的合理设计提供了依据。

试验在安塞县的方塌沟内进行。该区属黄土丘陵沟壑区第二副区,多年平均降水量为549mm,土壤为黄绵土,土壤侵蚀模数高达14 000 t/km^2 。

2 试验设计与试验方法

二次正交旋转回归组合试验设计是一种优化设计,它既保留有回归分析建立数学模型的优点,而且布设的试验具有正交性,旋转性和组合性。采用这一方法编制的试验方案,既能获得充分的信息,又能大大减少试验次数。本试验采用这一试验设计方法,试验研究了影响隔坡梯田优化的三个主要因素——地面坡度、平坡比和坡段土地利用方式在不同组合方式下对隔坡梯田产量,水分增量,平段拦沙量的影响。每个因素均考察5个水平。

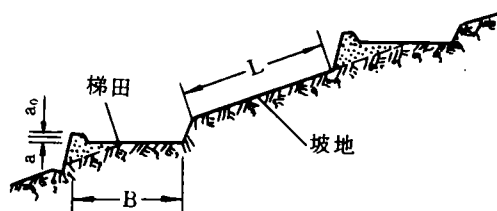


图1 隔坡梯田断面图

考虑地面坡度较小时,土壤侵蚀量较轻微;而地面陡峭时,应退耕还林还草,不宜作为农耕地,因而将坡度因子的下限定为 10° ,上限定为 30° 。

隔坡梯田推广前景最大的地方应是降雨较少,气候比较干旱,坡面比较完整,人口密度较低的一些地方。黄土高原长城沿线地区年降水量平均在 $480\sim 200\text{mm}$ (自东向西)左右,人口密度每平方公里不足50人,属风水蚀交错地带,水土流失较为严重。这一地域修筑隔坡梯田较为合适。为此将隔坡梯田的平坡比上限定为 $1:5$,下限定为 $1:1$ 。

坡段土地利用方式选取下列五种,即:隔坡水平阶种草,水平沟种草,密丛草地,草粮等高带状间作和绝对休闲地。根据径流小区的试验观测资料分析,对这些措施的产流量进行数字化处理。定隔坡水平阶种草的产流量最小,其值为0,水平沟种草为0.2,密丛草地为0.5,草粮等高带状间作为0.8,绝对休闲地为1.0(如表1)。为了消除自变量量纲及取值的影响,使回归系数标准化,对自变量的水平取值作无量纲线性编码代换如表1。试验设计方案见表2。

表1 自变量水平编码与坡段利用方式数字化处理

自变量	自变量设计水平($\gamma=1.682$)				
	$-\gamma$	-1	0	1	γ
平坡比(X_1)	1:1	1:1.8	1:3	1:4.2	1:5
坡度(X_2)	10	14	20	26	30
坡段土地利用方式(X_3)	隔坡水平阶种草	水平沟种草	密丛草地	草粮等高带状间作	绝对休闲地
利用方式量化值	0.0	0.2	0.5	0.8	1.0

表2 试验设计方案

区号	编 码 值			自然变量值		
	X_1	X_2	X_3	Z_1	Z_2	Z_3
1	1	1	1	1:4.2	26	草粮等高带状间作
2	1	1	-1	1:4.2	26	水平沟种草
3	1	-1	1	1:4.2	14	草粮等高带状间作
4	1	-1	-1	1:4.2	14	水平沟种草
5	-1	1	1	1:1.8	26	草粮等高带状间作
6	-1	1	-1	1:1.8	26	水平沟种草
7	-1	-1	1	1:1.8	14	草粮等高带状间作
8	-1	-1	-1	1:1.8	14	水平沟种草
9	γ	0	0	1:5	20	密丛草地
10	$-\gamma$	0	0	1:1	20	密丛草地
11	0	γ	0	1:3	30	密丛草地
12	0	$-\gamma$	0	1:3	10	密丛草地
13	0	0	γ	1:3	20	绝对休闲地
14	0	0	$-\gamma$	1:3	20	水平阶种草
15	0	0	0	1:3	20	密丛草地
16	0	0	0	1:3	20	密丛草地
17	0	0	0	1:3	20	密丛草地
18	0	0	0	1:3	20	密丛草地
19	0	0	0	1:3	20	密丛草地
20	0	0	0	1:3	20	密丛草地
21	0	0	0	1:3	20	密丛草地
22	0	0	0	1:3	20	密丛草地
23	0	0	0	1:3	20	密丛草地

小区布置为随机排列。隔坡梯田每个小区的水平田面部分面积为 $2\text{m} \times 2\text{m}$,坡段宽为 2m ,坡长随平坡比而异,分别为 2m 、 3.6m 、 6m 、 8.4m 和 10m 。

为和隔坡梯田对照,还布置有连台水平梯田7块和坡耕地小区1块,每块梯田面积 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 。

水平田面部分全部种植谷子,品种为延谷8号。每块地种6行,行距 35cm ,株距 15cm ,每行种13~14株,一块地共种78~84株,平均80株,考虑到坡上水土流失的影响,距陡坎 20cm 处的为第一行谷子,距梯田坡边 10cm 处为第6行谷子。隔坡水平阶中水平阶宽 1m ,水平阶与隔坡长度之比为 $1:1$ 。为防止植草不能全苗,达不到要求的盖度,牧草采用混播方式,由沙打旺、苜蓿、草木樨和红豆草四者混合组成。

水平沟宽约 15cm ,深及 10cm ,行距 $30 \sim 35\text{cm}$ 。

密丛草地行距 $25 \sim 30\text{cm}$,株距 $1 \sim 2\text{cm}$,种植密度 $400\text{株}/\text{m}^2$,要求成草盖度不小于 80% 。草粮等高带状间作,基本上依谷子、草带宽各 1m ,交错地等高种植。

对照坡耕地地面坡度为 20° ,水平沟种植谷子,行距 40cm ,株距 15cm 。

试验地于4月30日播种。亩施化肥 66.7kg ,有机肥 6667kg ,全部作基肥一次施入。

3 试验结果分析

试验结果如表3。本试验考虑了5个目标函数,即:治理速度的快慢,采用每种平坡比下控制水土流失面积的大小来描述;每亩隔坡梯田工程量的大小;平段水平梯田粮食亩产量;平段梯田水分增量;平段梯田拦沙量。经计算分析,已得到描述这些目标函数与平坡比、地面坡度和坡段土地利用方式之间的多维反应面回归方程。

表3 每亩隔坡梯田试验观测结果

区号	编码值			控制水土流失面积 (亩)	每亩工程量 (m^3)	平段梯田粮食亩产 (kg)	每亩平段梯田水分增量 (m^3)	平段梯田拦沙量 (t/km^2)
	X_1	X_2	X_3					
1	1	1	1	5.2	18.975	300.02	120.01	140
2	1	1	-1	5.2	18.975	283.35	68.67	40
3	1	-1	1	5.2	8.713	266.68	73.34	55
4	1	-1	-1	5.2	8.718	258.35	60.00	20
5	-1	1	1	2.8	35.240	266.68	53.34	35
6	-1	1	-1	2.8	35.240	258.35	46.67	30
7	-1	-1	1	2.8	16.191	250.02	46.67	30
8	-1	-1	-1	2.8	16.191	241.68	40.00	15
9	γ	0	0	6.0	11.723	291.68	106.67	120
10	$-\gamma$	0	0	2.0	35.168	241.68	26.67	25
11	0	γ	0	4.0	30.502	291.68	140.01	140
12	0	$-\gamma$	0	4.0	7.834	250.02	53.34	40
13	0	0	γ	4.0	17.548	283.35	100.01	190
14	0	0	$-\gamma$	4.0	17.548	250.02	53.34	10
15	0	0	0	4.0	17.548	266.68	92.00	94
16	0	0	0	4.0	17.548	266.68	90.00	97
17	0	0	0	4.0	17.548	266.68	84.36	95
18	0	0	0	4.0	17.548	266.68	88.00	96
19	0	0	0	4.0	17.548	275.02	92.00	95
20	0	0	0	4.0	17.548	266.68	85.34	92
21	0	0	0	4.0	17.548	275.02	84.67	93
22	0	0	0	4.0	17.548	266.68	85.34	95
23	0	0	0	4.0	17.548	266.68	92.00	100

3.1 描述加快水土流失治理速度与自变量之间的数学模型

隔坡梯田由于每修水平梯田一台,上方保留一定面积的原坡面不修,大大加快了治理坡耕地的速度,使控制的水土流失面积成倍增加,例如平坡比为1:1,则控制水土流失面积为连台梯田面积的2倍,即同样修一亩水平梯田,等于控制2亩地的水土流失面积。若平坡比为1:5,则控制水土流失面积为1亩连台梯田的6倍,隔坡梯田控制水土流失面积的大小与平坡比设计水平呈正相关,描述这一关系的数学模型为:

$$A = 4 + 1.195\chi_1 \tag{1}$$

式中, A ——控制水土流失面积(亩); χ_1 ——平坡比。

方程(1)无极大值。但平坡比的大小,要考虑隔坡土地的有效利用,平坡梯田的安全,以及治理速度的快慢。综合比较,从较快地控制水土流失面积要求出发,平坡比宜在1:3以上。

3.2 描述隔坡梯田工程量与自变量之间关系的数学模型

隔坡梯田的投劳仅用在修筑平段水平梯田上,其工程量(土方量)即为修筑平段水平梯田的工程量,平坡比越大,控制水土流失面积愈大,其工程量则愈小。经计算,得到描述每修筑1亩隔坡梯田的工程量与平坡比和坡度二因素之间的回归方程如下:

$$B = 17.539 - 6.363\chi_1 + 7.083\chi_2 + 1.982\chi_1^2 + 0.471\chi_2^2 - 2.198\chi_2\chi_1 \tag{2}$$

式中: B ——每修1亩隔坡梯田的土方工程量(m^3)。

采用降维对方程(2)进行解析,即固定其中1个因素为零水平,可得到各试验因素与目标函数之间相关的一元二次回归方程子模型。

对平坡比(χ_1):

$$B_1 = 17.539 - 6.363\chi_1 + 1.982\chi_1^2 \tag{2a}$$

对坡度(χ_2):

$$B_2 = 17.539 + 7.083\chi_2 + 0.471\chi_2^2 \tag{2b}$$

将方程(2a)及(2b)点绘成曲线(图2),可看出,工程量随平坡比的增大而减小,随坡度增加而增大。两曲线有一个交点,其对应的平坡比设计水平为0.08 \approx 0,即平坡略大于1:3,每亩土方量为17 m^3 ,这是一个优化点。

以建立的数学模型为基础,采用农业系统工程量中的模拟方法,通过计算分析,可模拟出三因素五水平的全因子试验结果。因此模型中只有两个变量,故只有25个组合方案即25个试验结果。每亩工程量小于10 m^3 的优化方案共有5个,在这些优化方案中, χ_1 各种取值水平出现的频率见表4。从表中可以看出:这些优化方案中, χ_1 取0、1、1.682三个水平时,出现频率为100%; χ_2 取-1.682、-1两水平时,出现频率为100%。这说明,在14°以内的坡地上,兴修平坡比大于1:3的隔坡梯田,其每亩工程是最小(小于10 m^3)。5个优化方案的每亩工程量分别为6.274、6.958、8.081、8.744、9.529 m^3 。

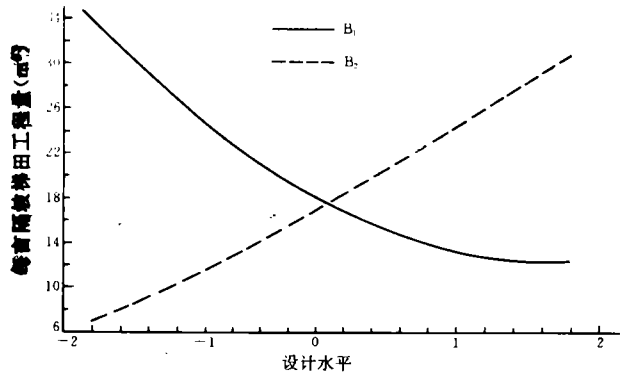


图2 各因素在不同水平下的每亩隔坡梯田工程量变化曲线

表4 模型(2)优化方案的 X_1 取值水平频率(%)分布

X_1 取值 水平间距	X_1		X_2	
	次数	频率	次数	频率
-1.682	0	0	3	60.0
-1	0	0	2	40.0
0	1	20.0	0	0
1	2	40.0	0	0
1.682	2	40.0	0	0

3.3 描述隔坡梯田平段(水平梯田部分)粮食亩产与自变量之间数学模型

经对试验结果计算分析,求得描述平坡比、坡度及隔坡段土地利用方式对产量影响的多维反应面回归方程如下:

$$C = 537.553 + 25.738X_1 + 23.685X_2 + 14.312X_3 - 2.310X_1^2 - 2.309X_3^2 + 6.252X^1X_2 + 2.083X_1X_3 + 2.083X_2X_3$$
 (3)

式中:C——为隔坡梯田的水平部分粮食亩产量(kg)。

经计算检验 $F = 34.929 > F_{0.01}(8.8) = 6.03$,即 F 值达极显著水平。方程的复相关系数 $R = 0.9759$ 。

对回归方程的系数进行 t 检验的结果如表5。从表可知,每个变量的一次项效应均达到极显著水平,另外平方项,二次项均在不同程度上显著,说明模型与实际情况拟合较好,基本反映了上述三个因素对梯田粮食亩产的影响程度。从回归方程中一次项绝对值系数的大小,可直接判断各因素对

表5 梯田粮食亩产数学模型回归系数 t 检验表

变异来源	b	t	F	置信概率 p	信度 α
一 X_1	25.738	11.227	126.048	1.000	0.001
次 X_2	23.685	10.331	106.742	1.000	0.001
项 X_3	14.312	6.243	38.975	1.000	0.001
平方项 X_1^2	-2.310	1.087	1.182	0.704	0.3
项 X_3^2	-2.309	1.086	1.180	0.704	0.3
二 X_1X_2	6.252	2.087	4.357	0.947	0.1
次 X_1X_3	2.083	0.695	0.483	0.496	0.5
项 X_2X_3	2.083	0.695	0.483	0.496	0.5

隔坡梯田水平田面部分粮食单产影响程度的大小,可见三因素影响程度的排序应是:平坡比>坡度>坡段土地利用方式。

采用降维解析方法,可得到以某一试验因素表示的一元二次回归产量方程式模型。将这些方程点绘成曲线(图3),由图3可知,隔坡梯田水平田面部分粮食单产随平坡比、坡度、坡段土地利用方式等自变量设计水平的提高而提高。三条曲线在设计水平为0.08~0的地方有交点。因此,在安塞茶坊这种自然条件下,为使隔坡梯田能获得较好产量,其平坡比应在1:3以上。

通过计算机模拟计算,在全部125个结果中,隔坡梯田粮食亩产大于300kg的优化方案共有13个,即300.4、303.5、304.1、304.3、305.7、307.7、313.1、314.5、315.9、317.7、319.1、325.4、

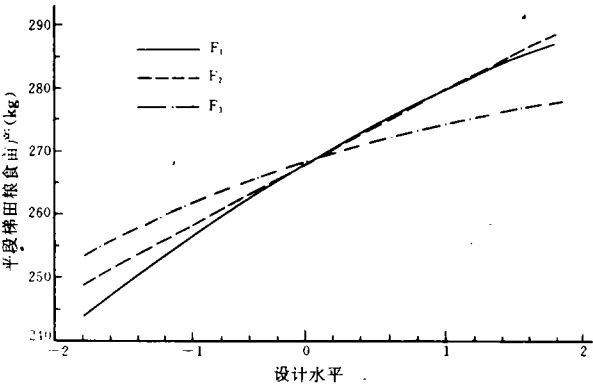


图3 各因素在不同设计水平下的平段梯田粮食单产变化曲线

330.6kg。在13个优化方案中, χ_1 的编码值取1和1.682两个水平者,其出现的频率为100%; χ_2 取1和1.682两个水平时出现的频率为92.3%; χ_3 取0、1、1.682三个水平时,其出现的频率为92.3%(表6)。这也说明,隔坡梯田水平面部分要想获得较好产量,平坡比宜在1:3~1:5区间内选择,而坡段土地利用方式可采取密丛草地、草粮等高带状间作和绝对休闲地等方式来组配。

表6 隔坡梯田水平田面单产优化组合方案中
 χ_i 取值水平频率(%)分布

自变量设 计水平	X_1		X_2		X_3	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-1.682	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	1	7.7
0	1	7.7	0	0	3	23.1
1	5	38.5	5	38.5	4	30.7
1.682	7	53.8	8	61.5	5	38.5

3.4 描述隔坡梯田平段梯田水分增量的数学模型

隔坡梯田中的水平田面部分,由于坡段径流汇入,水分有较大的增长,特别是内侧,这也是隔坡梯田产量高于坡耕地和连台梯田的主要原因所在。从表7可以看出,隔坡梯田水平田面内侧2m土层内的水分储量比之隔坡部分要高70~299mm。图4绘制了平坡比为1:1~1:5,坡段土地利用方式比较近(水平沟种草和密丛草地)的5块隔坡梯田2m土层内水分储量变化情况,其平坡比分别为1:1(10号小区)、1:1.8(6号小区)、1:3(11号小区)、1:4.2(2号小区)及1:5(9号小区)。可以看出,平坡比1:1的小区,由于坡段来水较少,梯田内侧水分增长幅度(与坡段相比)较少,平坡比1:1.8的小区,梯田内侧水分增长幅度较大,比之坡段2m深土层水分储量高出154mm,平坡比为1:3的小区,由于坡段较长,坡度又陡(30°),因而梯田内侧水分增长最大;平坡比为1:4.2和1:5的小区,由于坡段来水量较大,整个梯田水分增长均匀。可见,隔坡梯田是一种典型的径流农业形式,能寓抗旱于水土保持之中。

表7 隔坡梯田平段及各部分2m土层内水分储量之比较(观测日期8月23日)

区号	平坡比	坡度 (°)	坡面种植方式	梯田水分(mm)			坡面水分 (mm)
				内侧	中部	外侧	
1	1:4.2	26	草粮等高带状间作	390	377	380	283
2	1:4.2	26	水平沟种草	427	421	420	296
3	1:4.2	14	草粮等高带状间作	434	447	374	275
4	1:4.2	14	水平沟种草	460	490	453	283
5	1:1.8	26	草粮等高带状间作	420	398	342	281
6	1:1.8	26	水平沟种草	429	358	341	275
7	1:1.8	14	草粮等高带状间作	421	411	419	325
8	1:1.8	14	水平沟种草	425	419	360	339
9	1:5	20	密丛草地	405	404	386	297
10	1:1	20	密丛草地	354	401	392	260
11	1:3	30	密丛草地	526	491	365	227
12	1:3	12	密丛草地	453	464	428	273
13	1:3	20	绝对休闲地	389	421	461	367
14	1:3	20	水平阶种草	424	438	438	356
15	1:3	20	密丛草地	366	389	402	289
16	1:3	20	密丛草地	390	428	396	291
17	1:3	20	密丛草地	440	436	409	346
18	1:3	20	密丛草地	473	443	446	289
19	1:3	20	密丛草地	410	420	395	315
20	1:3	20	密丛草地	435	482	475	322
21	1:3	20	密丛草地	383	327	294	293
22	1:3	20	密丛草地	413	433	430	271
23	1:3	20	密丛草地	381	360	336	311

根据计算,已建立隔坡梯田每亩平段梯田在作物全生育期内2m土层所增加的水分(即水分增

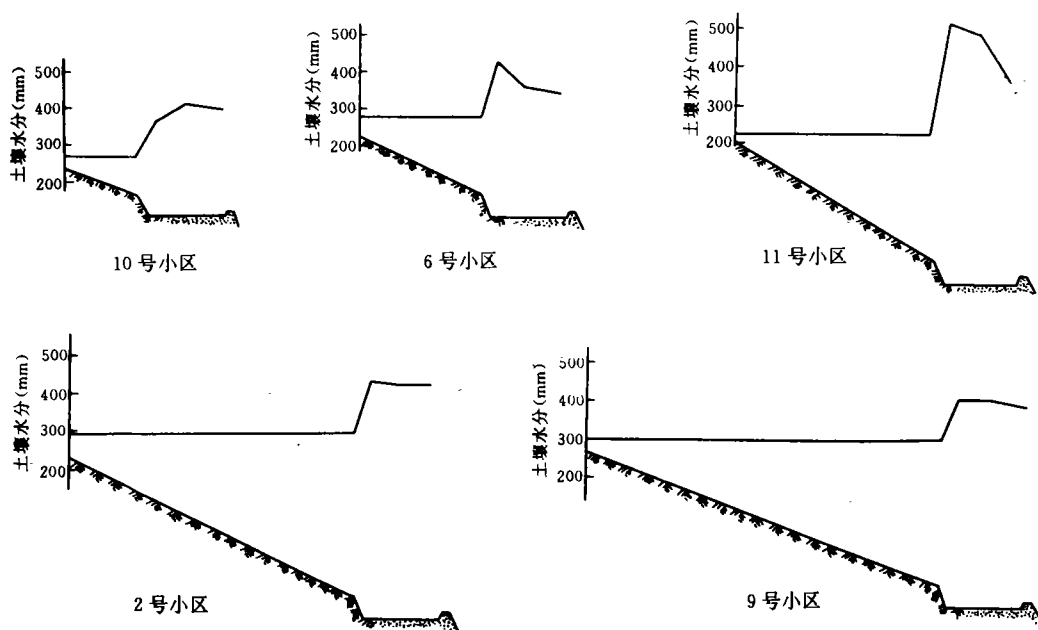


图4 不同平坡比下隔坡梯田横断面上土壤水分状况

量)与自变量各因素之间的数学模型,即:

$$W = 88.377 + 19.761X_1 + 15.702X_2 + 11.460X_3 - 10.917X_1^2 - 7.381X_3^2 + 5.250X_1X_2 + 6.418X_1X_3 + 4.750X_2X_3 \quad (4)$$

式中 W ——隔坡梯田平段梯田水分增量(m^3)。

经检验,方程(4)的 $F=10.764 > F_{0.01}(8,8)=6.03$, F 值达极显著水平,模型的复相关系数 $R=0.9274$ 。对回归系数的 t 检验也表明,每个变量的一次项效应及平方项效应也均达极显著水平,二次项效应(交互项效应)在不同程度上显著,说明模型有较高的精度。

通过计算机模拟计算,在125个试验方案中,其中平段梯田每亩2m土层内水分增量大于120 m^3 (相当于180mm)的方案有12个,即126.6、126.9、132.0、132.5、133.4、134.9、135.4、139.8、151.0、154.9、155.1、162.0 m^3 。在这12个方案中, X_1 和 X_3 取0、1和1.682三个水平者,出现的频率为100%; X_2 取1和1.682两个水平出现的频为100%。这说明,隔坡梯田水平田面部分若要获得较大的水分增量,平坡比应在1:3~1:5区间选择;坡段土地利用方式宜采用密丛草地,草粮等高带状间作或绝对休闲地等组配方式,同时要求坡段的地面坡度应陡峭一些,宜超过26°。

3.5 描述隔坡梯田平段梯田拦沙量的数学模型

隔坡梯田坡段来沙量的大小,是关系平段梯田生产安全和使用年限的重要参数。从生产安全角度出发,坡段来沙量亦即平段梯田拦沙量相对要小。通过对观测资料的分析,已得到描述隔坡梯田平段部分拦沙量与各自变量之间的数学模型如下:

$$S = 91.959 + 22.315X_1 + 21.467X_2 + 33.515X_3 - 16.567X_1^2 - 10.381X_2^2 + 10.625X_1X_2 + 14.375X_1X_3 + 6.875X_2X_3 \quad (5)$$

式中: S ——隔坡梯田内水平段梯田拦沙量(t/km^2)。

经对模型的检验表明,模型与实际情况拟合较好,基本上反映自变量对坡面产沙量的影响程度。

通过计算机模拟计算,在全部125个试验方案中,坡面产沙量小于20t/km²(不计负值)的优化方案有20个。在这20个方案中, χ_1 取-1.682,-1和0三个设计水平者,出现频率为75%; χ_2 和 χ_3 取-1.682,-1和0三个水平者,出现频率分别为60%和65%。因此,从减少坡面产沙的角度出发,平坡比应在1:1~1:3范围内选取,且原始地面坡度应在20°以内,坡段土地利用方式宜采取水平阶种草、水平沟种草或密丛草地等组配方式。

3.6 隔坡梯田土壤养分状况的变化

在隔坡梯田中,由于坡段的水土流失,养分在平段梯田内进行聚积,形成隔坡梯田中土壤养分的再分配过程。表8观测数据表明,尽管隔坡梯田才种植一年,其平段梯田中的有机质含量比之原坡地增长近一倍,全氮含量也有较大的增长,全磷和全钾含量差异甚微。隔坡梯田坡段由于施肥之故,其土壤有机质和全氮含量也比原地略有增长。

表8 隔坡梯田平段及坡段养分比较

区号	平坡梯田养分				坡段养分			
	有机质 (×10g/kg)	全氮 N (×10g/kg)	全磷 P ₂ O ₅ (×10g/kg)	全钾 K ₂ O (×10g/kg)	有机质 (×10g/kg)	全氮 N (×10g/kg)	全磷 P ₂ O ₅ (×10g/kg)	全钾 K ₂ O (×10g/kg)
1	0.930	0.0545	0.148	2.22	0.884	0.0561	0.150	2.31
2	0.832	0.0496	0.143	2.26	0.978	0.0605	0.145	2.31
3	1.052	0.0625	0.144	2.24	0.750	0.0462	0.133	2.29
4	0.958	0.0561	0.148	2.28	0.682	0.0431	0.140	2.29
5	0.836	0.0484	0.144	2.31	0.696	0.0431	0.141	2.26
6	0.796	0.0442	0.140	2.30	0.722	0.0435	0.144	2.29
7	0.875	0.0491	0.144	2.33	0.520	0.0336	0.143	2.29
8	0.987	0.0583	0.156	2.22	0.808	0.0497	0.141	2.29
9	0.905	0.0527	0.140	2.20	0.634	0.0379	0.138	2.27
10	0.867	0.0521	0.140	2.26	0.698	0.0429	0.140	2.23
11	0.860	0.0492	0.147	2.20	0.808	0.0489	0.144	2.24
12	0.910	0.0555	0.141	2.33	0.774	0.0472	0.145	2.29
13	0.659	0.0398	0.140	2.30	0.577	0.0368	0.144	2.27
14	0.983	0.0620	0.156	2.22	0.804	0.0512	0.145	2.29
15	1.074	0.0653	0.160	2.28	0.843	0.0567	0.144	2.31
16	1.054	0.0627	0.147	2.18	0.871	0.0637	0.137	2.29
17	0.919	0.0538	0.148	2.26	0.580	0.0396	0.137	2.24
18	0.995	0.0600	0.148	2.22	0.727	0.0456	0.144	2.26
19	0.818	0.0518	0.144	2.29	0.911	0.0535	0.144	2.25
20	1.005	0.0555	0.151	2.29	0.596	0.0339	0.140	2.26
21	0.742	0.0445	0.144	2.31	0.644	0.0390	0.138	2.30
22	0.617	0.0401	0.142	2.30	0.807	0.0481	0.146	2.29
23	0.854	0.0516	0.148	2.29	0.544	0.0366	0.143	2.29
24					0.588	0.0355	0.133	2.29
25					0.490	0.0396	0.140	2.29
26	0.772	0.0476	0.138	2.23				

注:24号原坡地;25为坡耕地对照小区;26号为连台水平梯田土壤养分地。

4 结 论

加快水土流失治理速度,增加作物产量(包括增加土壤水分储量),应是隔坡梯田的主要目标函数。从这一角度出发,隔坡梯田的平坡比宜在1:3~1:5范围内选择,而坡段土地利用方式可考虑用密丛草地、草粮等高带状间作或休闲地来组配。

为了确保隔坡梯田安全生产,其水平田面的梯埂应比田面有不低于30cm 高的蓄水埂,拦蓄坡

段来水和泥沙,并要年年维修。

黄土高原长城沿线地区,多年平均降水量260~500mm,气候干旱,人口密度小,人均耕地多,且地面比较平缓, $\leq 15^\circ$ 坡耕地占总耕地面积的63.84%,这一地区宜大力提倡修筑隔坡梯田。

参考文献

- 1 赵文礼. 黄河流域的梯田. 中国水土保持, 1983年第2期
- 2 杨光琦. 隔坡梯田的试验研究. 中国水土保持, 1984年第6期
- 3 朱显谟. 黄土高原土壤与农业. 农业出版社, 1989年5月
- 4 尹传逊等. 隔坡梯田的效益研究. 中国水土保持, 1984年第6期
- 5 蒋定生. 试论黄土高原梯田断面设计. 水土保持学报, 1987年第1卷第2期

~~~~~  
(上接第53页)

## 5 结 语

小石沟小流域综合治理实验,是在不断试验和探索中进行的,尽管时间较长,投资高(40多万元),但其经验在黄土丘陵沟壑地区起到了典型引路的作用。特别是在防治水土流失,改变农业生产条件,合理利用土地资源,改广种薄收为少种高产多收,改单一粮食生产为农林副全面发展,开展多种经营和商品生产,提高经济效益等方面,为该区大面积的治理开发提供了科学依据。