

# 陕北丘陵沟壑区坡地不同耕作法综合效益研究

苏敏<sup>1</sup>, 卢宗凡<sup>1</sup>, 刘文兆<sup>1</sup>, 徐宣斌<sup>1</sup>, 刘延风<sup>2</sup>

(1. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学职业技术学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 以在陕北丘陵沟壑区坡耕地不同耕作法试验7a的资料为依据, 论述了不同耕作法的水分利用、土壤水分平衡及单位面积产量和水土保持等综合效益。作物生长主要依赖生育期内自然降雨; 作物耗水量与每年生育期降雨量及土壤含水量呈显著正相关, 不同耕作法之间变化不大, 作物主要利用0—120 cm土层内的水分。同一年内不同耕作法综合效益从优到劣、由高到低的排列顺序为宽梯田> 窄梯田> 水平沟> 平播> 水平阶> 隔坡梯田。而水土保持效益排列顺序为: 梯田> 水平沟> 隔坡梯田> 水平阶> 平播> 裸地。认为坡耕地确实应尽快退耕还林还草, 以加速陕北生态环境建设, 推进农业结构的战略性调整。

**关键词:** 丘陵沟壑区; 不同耕作法; 综合效益; 还林还草

文献标识码: A

文章编号: 1000- 288X(2000)05- 0019- 06

中图分类号: S344

## Comprehensive Efficiency Research on Different Cultivations of Slope Land in Loess Hilly and Gully Region

SU Min<sup>1</sup>, LU Zong-fan<sup>1</sup>, LIU Wen-zhao<sup>1</sup>, XU Xuan-bin<sup>1</sup>, Liu Yan-feng<sup>2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, PRC; Vocational College of Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, PRC; )

**Abstract:** According to detailed data that are gained by 7- year tests of the different cultivation of the slope land in the loess hilly and gully region of the north of Shaanxi province, water use of the different cultivation, water balance, outputs and comprehensive efficiency of soil and water conservation are discussed. The conclusion is that crop growth is mainly dependent on natural rainfall during the growth period; water-consuming content of crop is significantly relative to the rainfall during the growth period per year and water supply content of soil, and crop makes mainly use of soil moisture of 0—120 cm layer. The comprehensive efficiency sequence of the different farmings at the same year is broad terrace> narrow terrace> level trench> traditional tillage> level bench> alternation of slope and terrace, while the soil and water conservation efficiency sequence is terrace> level trench> alternation of slope and terrace> level bench> traditional tillage > bare land. Finally we think that quit-cultivating and restoring and rebuilding forest and grass should be quickly put into practice in order to accelerate the eco-environmental construction, and strategic adjustment of agricultural structure should be advanced.

**Keywords:** hilly and gully region; different cultivation; comprehensive efficiency; restoring forest and grass

陕北丘陵沟壑区地处黄土高原腹地, 总土地面积  $6.7 \times 10^4 \text{ km}^2$  [1]。区内沟壑纵横, 梁峁起伏, 沟壑密度高达  $8.06 \text{ km/km}^2$ , 侵蚀模数  $1.4 \times 10^4 \text{ t/(km}^2 \cdot \text{a)}$ 。该区的农耕地70%以上为旱坡耕地, 自然降雨是旱地农业农田水分的主要收入项, 降雨不足, 分配不均再加上强烈的水土流失及干旱、霜冻、冰雹、病虫害等自然灾害, 使当地农业生产长期处于低而不稳的落后状态。因此如何尽快尽好地治理坡耕地, 对整个黄土高原的综合治理, 搞好农、林、牧产业布局的调整, 带动

西部经济的全面腾飞, 有举足轻重的作用。为此, 我们在中国科学院安塞水土保持综合试验站的山坡地上, 进行了多年“坡耕地不同耕作法水土保持与产量效应”的综合试验。

### 1 试验基本概况

试验地原为  $17^\circ$  左右的坡耕地, 坡向东南, 采用推土机加人工的方法, 分别修成宽面梯田(田面宽5 m)、窄面梯田(田面宽2m)、隔坡梯田、区田、水平沟

收稿日期: 2000-04-17

资助项目: “九五”、“九五”国家科技攻关课题“黄土高原综合治理项目”; 中国科学院“九五”重大项目(KZ95-A1-301)

作者简介: 苏敏(1944—), 女(汉族), 高级实验师, 主要从事水土保持生态农业研究。电话: (029) 7012307

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

种植区、平播种植区共6种不同的耕作处理小区,每区面积333.8 m<sup>2</sup>,然后4种处理小区的中下部坡面上修建了长10 m,宽4 m的径流小区,下方设置有2级径流桶。本试验于1993年开始<sup>[2]</sup>,每年按当地轮作习惯进行轮作,至1999年已进行了7 a。表1是各年试验的基本情况。

表1 1993—1999年试验概况

年份	种植作物	播期	年降雨	生育期降雨
1993	谷子	--0519	551.0	428.8
1994	美国307黄豆	--0506	558.5	364.1
1995	硬糜子	--0602	323.0	303.9
1996	晋谷7号	--0515	576.0	493.2
1997	晋遗19号豆	--0429	265.5	224.3
1998	辐谷6号	--0427	501.8	407.8
1999	软糜子	--0623	299.9	217.6

每年播种前,作物主要生育期和收获(10月)后用土钻采土样测定2 m 土层土壤水分,各作物为试验站推广的优良品种,试验施肥量相当于当地坡耕地大田水平,收获后对每一年资料进行分析总结。为使试验更接近生产和充分说明问题。1996年将区田改修为1÷1宽度的水平阶,1997年又在水平沟、平播旁的原坡地上设置了同等大小的裸地径流观测小区。

## 2 试验结果与分析

水作为农业的命脉,其重要性在丘陵沟壑区尤为突出,因此坡耕地不同耕作方式、不同年份、不同作物对自然降水的收支、利用情况和产量、水保效益是本研究课题的重点。

### 2.1 降雨量、供水量与作物耗水量的关系

从表1可看出,7 a 试验中全年降雨量只有4 a 超过540 mm 的安塞县常年平均降雨量,且超过数额不大,属平水年,这4 a 作物生育期内降雨量只有1993,1996,1998年超过400 mm,而另外3 a 降雨量平均不足300 mm,作物生育期内降雨量平均只有248.6 mm,是严重的干旱年,全试验7 a 平均全年降雨量只有440 mm,比常年平均降雨量少90 mm 多,这种降水不足和频繁出现的干旱现象再加上年内降雨量分配不均和暴雨引起的水土流失等自然灾害势必影响作物生长。从表2就可以看出,降雨量特别是生育期降雨量与作物耗水量密切相关,1993,1996,1998年生育期降雨量超过400 mm 的作物耗水量都超过了400 mm(平播3 a 耗水量加上径流损失也超过400 mm),而另外4 a 生育期降雨量从217 mm→224 mm→303 mm→364 mm,它们的作物耗水量也从不足200 mm→210~220 mm→250 mm→350 mm 左右相应变化,说明降雨量增加,耗水量增加。

表2 坡耕地不同耕作法试验结果

年份	编号	耕作法	宽梯田	窄梯田	水平沟	平播	隔坡梯田	区田	裸地
1993	1	播前2 m 土层储水/mm	278.50	271.80	258.80	244.50	267.90	266.80	
	2	收后2 m 土层储水/mm	268.90	272.60	259.10	259.90	267.60	261.70	
	3	全年径流深度/mm			14.10	41.20	25.90	15.10	
	4	作物耗水量/mm	438.40	428.00	414.30	372.20	403.20	418.80	
	5	作物产量/(kg $\delta$ hm <sup>-2</sup> )	1 227.00	1 077.00	1 027.50	871.50	726.00	627.00	
	6	水分利用效率/(kg $\delta$ mm <sup>-1</sup> )	0.190	0.17	0.16	0.15	0.12	0.10	
	7	水分平衡值/mm	- 9.60	0.80	0.30	15.40	- 0.30	- 5.10	
1994	1	播前2 m 土层储水/mm	265.70	272.40	268.80	273.20	271.10	266.20	
	2	收后2 m 土层储水/mm	262.70	272.40	252.80	262.10	258.80	262.30	
	3	全年径流深度/mm			18.60	21.40	22.40	16.60	
	4	作物耗水量/mm	367.10	364.10	361.50	353.80	354.00	351.40	
	5	作物产量/(kg $\delta$ hm <sup>-2</sup> )	1 055.30	994.50	963.00	600.00	310.50	300.00	
	6	水分利用效率/(kg $\delta$ mm <sup>-1</sup> )	0.19	0.18	0.18	0.11	0.06	0.06	
	7	水分平衡值/mm	- 3.00	0.00	- 16.00	- 11.10	- 12.30	- 3.90	
1995	1	播前2 m 土层储水/mm	214.50	219.40	220.40	220.40	223.70	225.50	
	2	收后2 m 土层储水/mm	271.40	263.20	269.60	262.40	274.90	273.40	
	3	全年径流深度/mm			3.90	15.60	10.70	10.90	
	4	作物耗水量/mm	247.00	260.10	250.80	246.30	243.90	245.30	
	5	作物产量/(kg $\delta$ hm <sup>-2</sup> )	1 086.00	975.00	1 029.00	906.00	715.50	576.00	
	6	水分利用效率/(kg $\delta$ mm <sup>-1</sup> )	0.29	0.25	0.27	0.24	0.20	0.16	
	7	水分平衡值/mm	56.90	47.80	44.20	42.00	49.30	47.70	

表2 (续)

年份	编号	耕作法	宽梯田	窄梯田	水平沟	平播	隔坡梯田	区田	裸地
1996	1	播前2m 土层储水/mm	228.40	218.90	228.60	228.60	234.50	226.80	
	2	收后2m 土层储水/mm	273.70	281.60	288.60	287.20	299.30	278.50	
	3	全年径流深度/mm			23.20	39.20	27.30	25.20	
	4	作物耗水量/mm	447.90	430.50	409.80	395.40	401.10	416.30	
	5	作物产量/(kg $\cdot$ hm $^{-2}$ )	1 765.50	1 602.50	1 419.80	1 450.50	832.50	1 089.00	
	6	水分利用效率/(kg $\cdot$ mm $^{-1}$ )	0.25	0.25	0.24	0.24	0.14	0.17	
	7	水分平衡值/mm	45.30	62.70	60.20	58.60	64.80	51.70	
1997	1	播前2m 土层储水/mm	239.60	255.00	255.00	273.00	243.20	304.90	
	2	收后2m 土层储水/mm	212.20	235.50	213.80	218.10	227.50	226.00	212.70
	3	全年径流深度/mm			1.30	1.80	1.50	1.10	2.10
	4	作物耗水量/mm	251.70	231.20	264.20	259.40	266.40	240.40	316.80
	5	作物产量/(kg $\cdot$ hm $^{-2}$ )	558.00	501.00	493.50	439.50	307.50	337.50	
	6	水分利用效率/(kg $\cdot$ mm $^{-1}$ )	0.15	0.14	0.13	0.11	0.08	0.09	
	7	水分平衡值/mm	- 27.40	- 6.80	- 41.20	- 36.90	- 43.60	- 17.20	- 94.60
1998	1	播前2m 土层储水/mm	206.80	255.30	210.70	210.70	218.90	213.80	202.20
	2	收后2m 土层储水/mm	214.50	219.10	196.90	2089.00	2150.00	194.60	237.10
	3	全年径流深度/mm			7.20	11.10	10.10	8.40	11.00
	4	作物耗水量/mm	400.10	414.00	414.40	399.20	401.60	418.60	361.90
	5	作物产量/(kg $\cdot$ hm $^{-2}$ )	2 016.00	1 803.80	1 753.50	1 665.80	1 206.80	1 375.50	
	6	水分利用效率/(kg $\cdot$ mm $^{-1}$ )	0.34	0.29	0.28	0.28	0.13	0.21	
	7	水分平衡值/mm	7.70	- 6.20	- 13.80	- 2.50	- 3.90	- 19.20	34.90
1999	1	播前2m 土层储水/mm	195.60	206.60	179.70	179.70	201.70	190.00	211.50
	2	收后2m 土层储水/mm	176.40	181.00	169.70	174.60	212.00	184.30	178.70
	3	全年径流深度/mm			24.40	34.60	22.40	28.10	44.50
	4	作物耗水量/mm	236.80	243.20	203.20	188.10	184.90	195.20	205.90
	5	作物产量/(kg $\cdot$ hm $^{-2}$ )	1 003.00	801.00	651.00	576.00	400.50	526.50	
	6	水分利用效率/(kg $\cdot$ mm $^{-1}$ )	0.28	0.22	0.21	0.17	0.14	0.16	
	7	水分平衡值/mm	- 10.92	- 25.60	- 10.00	- 5.10	10.30	- 5.70	- 32.80

丘陵沟壑区作物耗水主要来自天然降雨,我们把每年作物生育期降雨量加上播种前2m 土层土壤储水量,即是该作物该耕作法当年的土壤供水量,因不同耕作方式在同一年里播前2m 水分相差很小。因此不同耕作方式同一年里供水量相差就很小,而不同年间的供水量与耗水量的变化规律就与生育期降雨量和耗水量的变化规律一致。我们选宽梯田、水平沟、隔坡梯田绘出它们的关系图经过数学分析发现:(1) 不同耕作法耗水趋势相似,说明不同耕作法在不同年代,在供水量、降雨量相似的情况下,不同耕作法之间的耗水量差别不大,且都是随二者数量增加、耗水量也随之增加,呈直线相关;(2) 各年不同作物耗水量与生育期降雨量成显著正相关,相关系数在0.94以上。(3) 土壤供水量与作物耗水量也是显著正相关,相关系数也在0.94以上。

## 2.2 作物对土壤水分的利用及水分平衡

陕北丘陵沟壑区天然降雨不足,又集中在7—9月,冬季少雨少雪,对秋播作物不利(冬小麦),因此当地多种植与雨热同步的春播作物,如春玉米、谷子、糜子、豆子、荞麦等等<sup>[2]</sup>。这些作物对土壤水分的利用量和利用深度因年度降雨量不同而不同,而与各试验耕

作方式关系不密切。表3列出了不同耕作方式对土壤水分利用量的计算结果,图1—3则分别是1996—1999年宽梯田、水平沟、隔坡梯田、裸地对土壤水分的利用深度图。

从表3可见,除1995,1996年利用量是负值外,其它绝大部分利用量是正值,这表明在这些年这些耕作方式的作物生育期内自然降雨量小于作物耗水量,作物就要利用土壤里的水分,这个利用量就是相应的正数量值,而表中这些正数量值都很小,那么它和土壤供水量的比值也一定很小,这就说明作物对土壤水分的利用量、利用能力很小<sup>[3]</sup>。1995,1996年和其它个别值则表示该耕作方式当年生育期降雨量大于作物耗水量,多余的降水(负值)积存在土壤里,使收获后的土壤储水量比播种前增加。1996年生育期内降雨量达493.2 mm,是7a中最大的1a,土壤水分有盈余是正常的。1995年是旱年,全年降雨量仅323 mm,当年种的是糜子,6月份播种,9月底已成熟,生育期很短,对土壤水分的利用量不大,但在糜子生育期里降了303.9 mm,占全年降雨的94%,非常集中,从而使当年的土壤水分收获时也有所增加。裸地土壤水分的增减则完全取决于降雨量和地面蒸发量的大小。

表3 不同耕作方式下各年作物对土壤水分的利用量

mm

年份	编号	项 目	宽梯田	窄梯田	水平沟	平 播	隔坡梯田	区 田	裸 地
1993	1	播前2m 土层储水	278.5	251.8	248.8	244.5	267.9	266.8	
	2	收后2m 土层储水	268.9	272.6	259.1	259.9	267.6	261.7	
	3	水分利用量	9.6	- 0.8	- 0.3	- 15.4	0.3	5.1	
1994	1	播前2m 土层储水	265.7	272.4	268.8	273.2	267.1	266.2	
	2	收后2m 土层储水	262.7	272.4	252.8	262.1	258.8	262.3	
	3	水分利用量	3.0	0.0	16.0	11.1	12.3	3.9	
1995	1	播前2m 土层储水	214.5	219.4	220.4	220.4	223.7	225.5	
	2	收后2m 土层储水	271.4	263.2	269.6	262.4	274.9	273.4	
	3	水分利用量	- 56.9	- 43.8	- 49.2	- 42.0	- 51.2	- 47.9	
1996	1	播前2m 土层储水	228.4	218.9	228.6	228.6	234.5	226.8	
	2	收后2m 土层储水	273.7	281.6	288.8	287.2	299.3	278.5	
	3	水分利用量	- 45.9	- 63.3	- 60.2	- 58.6	- 64.8	- 51.7	
1997	1	播前2m 土层储水	239.6	242.2	255.0	255.1	273.0	24.3	304.9
	2	收后2m 土层储水	212.2	235.3	213.8	218.1	227.5	226.0	212.7
	3	水分利用量	27.4	6.9	41.2	37.0	45.5	17.2	92.2
1998	1	播前2m 土层储水	206.8	225.3	210.7	210.1	218.9	213.8	202.2
	2	收后2m 土层储水	214.5	219.1	196.9	208.2	215.0	94.6	237.1
	3	水分利用量	- 7.7	6.2	13.8	1.9	3.9	19.2	- 34.9
1999	1	播前2m 土层储水	195.6	206.6	179.7	179.7	201.7	190.0	211.5
	2	收后2m 土层储水	176.4	181.0	169.7	174.6	212.0	184.3	178.7
	3	水分利用量	192.2	25.6	10.0	5.1	- 10.3	5.7	32.8

图1- 3也表明,不管是平水年(1996, 1998)还是旱年(1997, 1999)播种前、收获时2 m 土层土壤含水量都在低、中水平变化,平水年超过10%的稍多,旱年多在5%~10%中间移动,而且不管是那种耕作方式,那种作物,那种年型,水分利用深度都比较浅,利用最多的是50 cm 以内土层的水分,其次是50—120 cm 以内土层的水分,在平水年收获后,1 m 下土层的含水量有所增加。试验7a 测定和表2都表明,每年播种前不管那种耕作方式的土壤储水量都小于上年收获时的2 m 土层储水量,这是因为所有旱作农业坡耕地在作物收获后,地面没有植被覆盖,一直到翌年4—5月

份漫长的冬春季节里,极少有雨雪补充,可地面的蒸发不会停止,由此造成了这一阶段的蒸发失墒。从表3我们还看到,不同耕作方式对土壤水分的利用量正好是表2土壤水分平衡值的倒数,土壤水分平衡值是用生育期降雨量减耗水量再减径流量得来的,正值表示降雨量大,收获后土壤水分有盈余储存在土壤里,其值正好是播前水分减去收获后水分的倒数。这就是从不同的角度来说明土壤水分状况的同一实质问题,证明其结果都是正确的、可信的。最终也说明土壤水分在某一具体时间、情况下有多、寡不同,但从整体、从长远的时间里,土壤水分是平衡的。

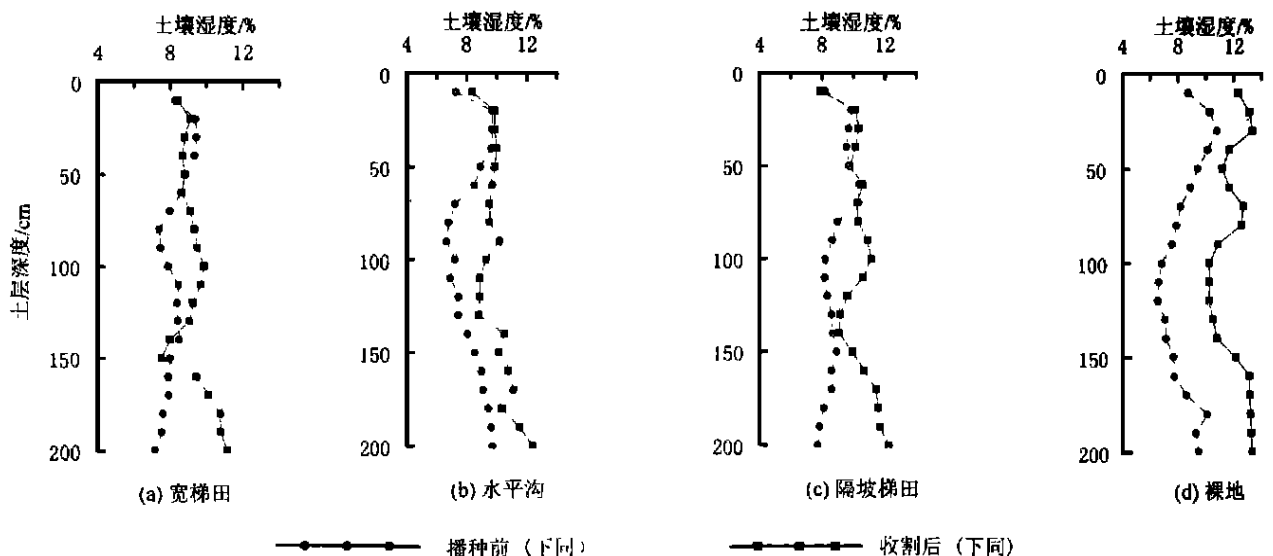


图1. 1997年不同耕作方式下黄豆水分利用深度

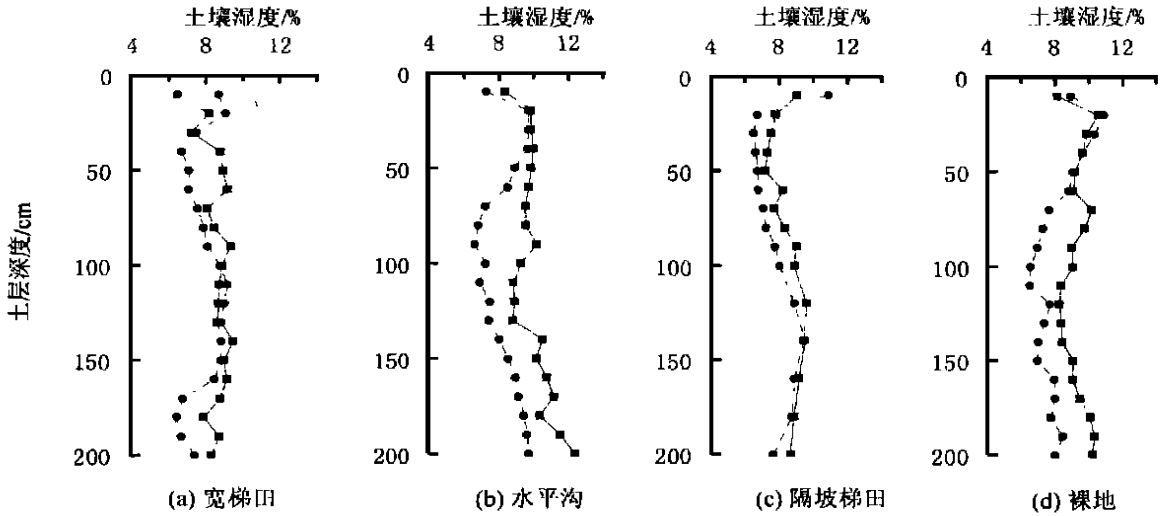


图2 1998年不同耕作方式下辐谷6号水分利用深度

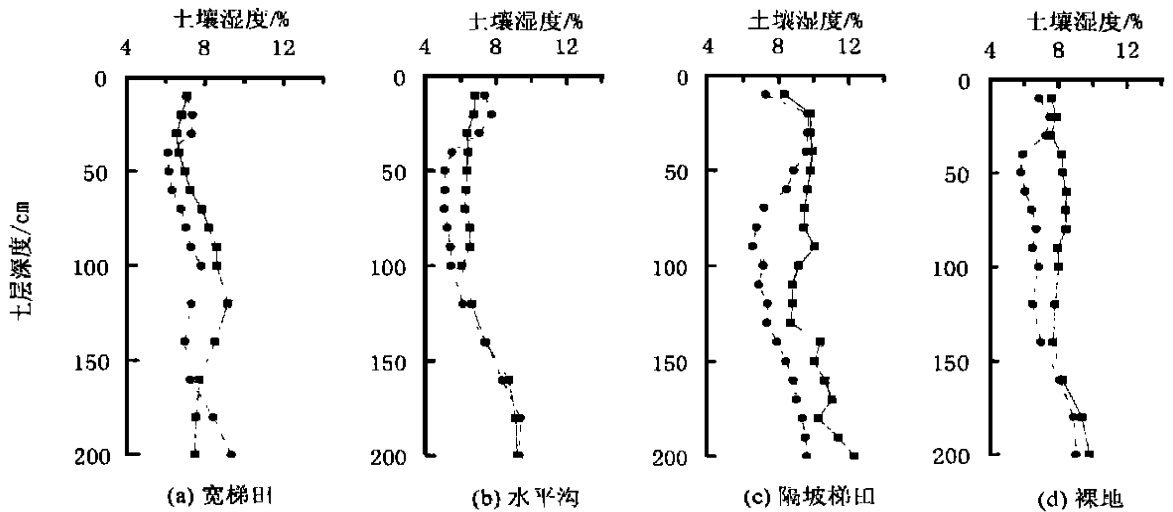


图3 1999年不同耕作方式下软糜子水分利用深度

### 2.3 不同耕作方式的水分利用效率及水保效益

利用水分平衡公式计算出作物耗水量, 根据单位面积产量再计算出不同耕作方式各年的水分利用效率(见表2)。年产量由高到低排列顺序是1998> 1996> 1993> 1995> 1994> 1999> 1997, 1997年除了是早年外, 还因当年种植的是黄豆, 试验站山地试验场其它作物很少, 黄豆幼苗被野兔吃掉了生长点和大部分的叶子, 严重影响产量, 所以产量最低。但水分利用效率的排列顺序却是1998> 1995> 1996> 1999> 1993> 1994> 1997。因为水分利用效率是通过产量除耗水量计算出来的, 各年降水量不同, 耗水量也就不同, 水分利用效率就稍有变化。本试验在各年相同作物品种, 相同降雨量, 相同栽培管理水平的情况下, 坡地不同耕作方式产量由高到低的排列顺序是: 宽梯田→窄

梯田→水平沟→平播→水平阶→隔坡梯田, 相差程度可达2~3倍, 而且这里水分利用效率和产量高低排序是相同的, 也是宽梯田→窄梯田→水平沟→平播→水平阶→隔坡梯田。这也就证明了兴修梯田, 实行水土保持耕作对提高旱地农业生产水平, 提高水分利用效率的重要作用。在表2中, 我们还看到了1993—1995年区田产量、水分利用效率都比隔坡梯田低, 为便于管理和耕作, 1996年播种前我们将区田改变修建成了1 m 宽的水平阶地。这样扩大了播种面积(隔坡梯田和原区田只有一半的播种面积), 增加了地面覆盖, 减少了田间蒸发, 增加了作物蒸腾, 最终结果是提高了产量和水分利用效率<sup>[4]</sup>。本试验期间, 我们对每次暴雨后产生的径流进行了测定, 除宽、窄梯田没有径流外, 其它几种耕作方式每年都产生1~3次径流, 就连属于

大旱年的1995, 1997, 1999年都不例外, 特别是1999年7月20日连续1 h 降暴雨约53 mm, 使坡耕地发生强烈的水土流失, 虽全年只发生这一次, 但流失量却等于或大于其它年1~3次的径流量, 7 a 径流测定结果见表2, 径流量最大的是裸地, 第2是平播地, 以下是隔坡梯田、水平阶, 最小的是水平沟种植, 因此可见修梯田和进行其它各种方式的水土保持耕作对减少径流, 防止水土流失都是大有益处的。

### 3 结 语

(1) 丘陵沟壑区的坡地旱作农业, 农作物耗水量全部来自天然降雨, 不同耕作法作物耗水量与当年生育期内降雨量和土壤供水量成显著或极显著正相关。农田水分以天然降雨渗入土壤, 再经作物吸收、蒸腾、

棵间及冬春季地面蒸发等形式周而复始地循环并维持着基本的平衡。

(2) 不同耕作方式的单位面积产量、水分利用效率在相同年份从高到低的排列顺序是: 宽梯田> 窄梯田> 水平沟> 平播> 水平阶> 隔坡梯田。而水土保持效应从好到差的顺序为: 梯田> 水平沟> 隔坡梯田> 水平阶> 平播> 裸地。

(3) 纵观7 a 试验, 坡耕地所有不同耕作法的单位面积产量, 水分利用效率都是很低的, 仅在1500 kg/hm<sup>2</sup>左右徘徊, 这是受当地自然条件、社会条件等储多因素的影响, 从长远看是不利于旱作农业发展的。我们简单对宽梯田每1 hm<sup>2</sup>最高、最低产量进行产投比核算, 见表4。

表4 宽梯田高低产量产投比

元/ohm<sup>-2</sup>

项 目	翻 地	播 种	肥 料	定 苗 除 草	碾 打 收 获	产 量 / (kg/ohm <sup>-2</sup> )	折 价	产 投 比
1998年谷子	300	150	225	240	150	2016	2016	1:1.89
1999年黄豆	300	150	225	240	150	558	1116	1:1.04

结果表明, 坡耕地即使修成梯田, 但如只进行单纯的农业生产种植农作物, 其产投比很低。低的投入1元钱除去成本只能收回几分钱, 高的收回几角钱, 其它的种植方式和大田产量更低, 其经济、生态、社会效益更差。

根据上述分析, 我们认为陕北丘陵沟壑区坡耕地确实应尽快退耕还林还草, 加快生态环境建设, 实现农业结构的战略性调整, 为农业增效、农民增收贡献力量。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 苏敏, 等. 陕北丘陵沟壑区主要农作物水分利用与平衡[J]. 水土保持研究, 1996(1): 72—75.
- [2] 山仑, 等. 黄土高原旱地农业的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 101—106.
- [3] 信乃铨, 王立详. 中国北方旱区农业[M]. 浙江: 江苏科学技术出版社, 1998. 131—136.
- [4] 张信保等. 减少地区蒸发, 充分利用降水资源——黄土高原旱坡地生态农业的思考[J]. 水土保持通报, 1997, 17(1): 57- 62.

## 未来淡水何处求

1997年, 联合国水问题大会曾向全世界发出警告: 石油危机的下一个危机是水。为了避免水危机发生, 科学家们在开发新水源方面已做出了一些探索和尝试, 并取得了可喜的成果。

(1) 从海水中获取淡水。我们赖以生存的地球上, 96.5%的水为苦涩的海水, 不能直接利用。有关专家认为, 从长远看, 向海洋要淡水已成定势。淡水资源奇缺的中东地区, 十几年前就把海水的淡化作为获取淡水资源的有效途径。

(2) 从海底下获取淡水。世界上各大洋海底部都拥有极为丰富的淡水资源, 其蕴藏量约占海水总量的20%。很久以前波斯湾的巴林群岛上的居民, 就曾用打通的竹管从海底涌泉汲取淡水饮用; 在希腊东南面的爱琴海中, 也有一处一昼夜能流出1.0×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>淡水的涌泉, 人们在涌泉周围用钢筋混凝土筑起大坝, 将涌泉与海水分开, 用来浇灌周围3×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>的土地。科学家们还设想未来人们可以在没有涌泉的海底, 像钻石油一样钻井取水。

(3) 从雾滴中获取淡水。智利首都圣地亚哥以北500 km处, 有一个名叫丘冈戈的荒凉小镇。因连续多年旱魔肆虐, 使镇上的400多居民饱受缺水之苦。但从1992年5月起, 这里修起了一片集雾的网阵和一个雾水处理厂, 平均每天可供水1.1×10<sup>4</sup> L, 逢春夏雾浓季节, 每天可供水1.3×10<sup>5</sup> L。居民们再也不为用水而发愁了, 这种方法比海水淡化简便易行, 费用也低。