

# 黄土丘陵沟壑区水平沟耕作效益研究

张 兴 昌

中国科学院  
(水利部水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

**摘 要** 利用 9a 试验资料,分析和研究了坡地水平沟耕作的土壤水分动态及耗水规律,并从水土流失、养分流失及水分利用方面研究了水平沟耕作效益。得出坡地水平沟耕作的土壤水分变化为:封冻前的强烈失墒期、越冬干湿交替失墒期和返青拔节后缓慢失墒期 3 个阶段。小麦灌浆期及返青期对产量作用最大;水平沟能够显著地拦蓄径流,减少土壤冲刷和养分流失,提高土壤水分利用率,进而提高作物单产。

**关键词** 黄土丘陵沟壑区 水平沟 效益

## The Benefit of Level Trench Tillage in Hilly-gully Loess Plateau

Zhang Xingchang

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences  
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract** On the basis of 9-year experimental data, the dynamic change of soil water and consuming water were studied in slope land. The benefit of level trench tillage as affected by soil and water loss, soil nutrient loss, soil water utilization, was also discussed detailedly. Soil water change laws were divided into 3 stages such as strong consuming stage before soil icebound-ing, consuming water stage with alternation of drying and wetting in surviving winter period, and slowly consuming water after grouting and turning green. Because of retaining runoff, lessening soil wash, reducing soil nutrient loss, and raising soil water use rate, the level trench tillage increased crop yield obviously.

**Key words** hilly-gully Loess Plateau level trench tillage benefit

黄土丘沟壑区,人少地多,长期以来广种薄收,陡坡垦种,坡耕地粮食单产徘徊在  $750\text{kg}/\text{hm}^2$  左右,土地生产力极低。加之黄土结构垂直发育明显,耕层疏松,土壤黏结性差,有机质含量低,严重的水土流失成为限制坡耕地粮食生产的重要因子。水平沟耕作作为一种保护耕作法,在该区已得到推广和应用,延安地区从 70 年代起每年推广面积 10 万  $\text{hm}^2$ ,平均每年增产粮食 3 000 万  $\text{kg}$ 。水平沟耕作是沿坡地等高线进行的耕作,也叫横坡耕作,它可改变坡面微地形,增加坡面粗糙度和降水入渗率,从而达到拦截降水,减缓地表径流,减少土壤冲刷,培肥地力和提高土地生产力的目的。对水平沟耕作的蓄水、拦流减蚀作用,国内外已开展了多方面的研究<sup>[1,11,12]</sup>,并取得了

一些进展,但对水平沟的增产机理研究为数不多;关于作物土壤水分的研究国内外报道很多<sup>[3~6,10]</sup>,但多侧重于旱川塬地,坡耕地水平沟种植的土壤水分运行规律尚未见报道,为此,研究坡耕地水平沟耕作的效益有其特殊意义。

## 1 试验研究方法

### 1.1 试验设计

试验布设在中国科学院安塞水土保持综合试验站山坡地上,该地区多年平均降雨量为549.1 mm,60%以上集中在7~9月,且多暴雨。年际降水量分布不均,试验年份内,1983、1985和1988年为丰水年,降水量分别为701.0mm、666.8mm和729.2mm;1986~1987年为欠水年,降水量为351.3mm和404.8mm;1984,1989,1990和1991年为平水年,降水量依次为503.7mm,543.0mm,563.6mm和588.2mm。年侵蚀模数1985年高达14 000t/(km<sup>2</sup>·a),试验年份内,年际径流量变化也很大,农耕地最高可达78 249m<sup>3</sup>/(km<sup>2</sup>·a)(1989年),最低仅为2 583m<sup>3</sup>/(km<sup>2</sup>·a)(1987年)。试验设计详见表1。

### 1.2 研究方法

每次降水产流后,观测径流量,计算侵蚀量,同时保存水样及泥沙样,水样加HgCl<sub>2</sub>以防微生物活动,泥沙样自然风干,分析其N、P养分。泥沙样中全氮用半微量开氏法测定,全磷用硫酸——高氯酸消煮——钼锑抗比色法测定;径流液中NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N及NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N用连续流动分析仪测定。谷子、小麦处理,在生育期内,每月测定2m土层水分,每隔10cm采一个样重复两次;粮豆轮作,在雨季前后、土壤封冻前及解冻后4个时期测定2m土层水分。试验地管理同一般大田。

表 1 试验设计方法

试验年份	供试作物	处 理	小区实际面积	坡度及坡向	施肥情况
1983~1984	谷子	1. 水平沟种植 2. 平播 3. CK 裸地	23.0m×5.0m	29°51' WS	有机土粪 3 750kg/hm <sup>2</sup> , 过磷酸钙 75kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 150kg/hm <sup>2</sup>
1985~1986	小麦	1. 水平沟种植 2. 平播	9.0m×3.0m	25°15' W	土粪 3 750kg/hm <sup>2</sup> , 过磷酸钙 450kg/hm <sup>2</sup> , 碳铵 300kg/hm <sup>2</sup>
1987~1991	粮豆轮作	1. 水平沟种植 2. CK 水平沟 3. CK 裸地	23.2m×5.0m	23°00' N	土粪 7 500kg/hm <sup>2</sup> , 过磷酸钙 375kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 150kg/hm <sup>2</sup>
1991	①谷子 ②马铃薯 ③荞麦	1. 裸地 CK 2. 裸地水平沟 3. 水平沟① 4. 水平沟② 5. 水平沟③	7.0m×2.0m	10° 15° 20° 25° WS	谷子: 有机肥 18 000kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 189.15kg/hm <sup>2</sup> , 过磷酸钙 220.2kg/hm <sup>2</sup> ; 马铃薯: 有机肥 18 000kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 184.5kg/hm <sup>2</sup> , 过磷酸钙 300kg/hm <sup>2</sup> ; 荞麦: 有机肥 18 000kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 97.5kg/hm <sup>2</sup> , 过磷酸钙 375kg/hm <sup>2</sup>

\* 轮作方式为:大豆→夏播荞麦→大豆→谷子→大豆。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水平沟耕作的土壤水分动态变化

余优森等人<sup>[2]</sup>采用谐波分析方法,对陇东地区人工草地土壤水分变化进行数学模型拟合,揭示了人工草地土壤水分变化规律,但此模型不适合于山坡耕地,这表明农耕地土壤水分变化与人工草地土壤水分变化截然不同。根据冬小麦生育期内的土壤水分变化趋势,采用双曲线模型 $y = a + x/(b + cx)$ 进行拟合,便能很好地反映土壤水分动态变化规律。其方程为:

水平沟种植冬小麦的土壤水分动态方程:

$$y = 559.9 - t / (0.2543 + 4.533 \times 10^{-3}t) \quad (1)$$

$$n = 11 \quad R = 0.9654 \quad F = 123.60$$

平播种植冬小麦的土壤水分动态方程:

$$y = 544.8 - t / (0.120 + 5.451 \times 10^{-3}t) \quad (2)$$

$$n = 11 \quad R = 0.9831 \quad F = 260.06$$

(1)、(2)两式中:  $y$ ——2 m 土层贮水量(mm);  $t$ ——从播种开始向后持续时间(d)。

经显著性检验  $R_{0.01} = 0.735$ ,  $F_{0.01} = 3.38$ , 故(1)、(2)方程均达到极显著水准, 表明方程回归良好。从图1可见, 播前土壤贮水量差异不大, 不管水平沟耕作与否, 小麦地土壤水分变化趋势总是一致, 这反映了坡耕地土壤水分变化的内在规律。参照李开元等人<sup>[5]</sup>将土壤水分季节性动态分为4个阶段观点, 结合水平沟耕作的土壤水分变化动态, 将小麦生育期内的土壤水分变化大致分3个阶段。

(1)土壤封冻前的强烈失墒阶段。时间9月中旬至11月中旬, 即从小麦播种至越冬期(三叶期), 小麦处于幼苗阶段, 土壤表面水分蒸发成为土壤失墒的重要途径。此时雨季已过, 降雨量减少, 土壤水分蒸发与降水量的差为正值。水平沟小麦地2m土层贮水量由559.9mm下降到452.7mm, 净失墒107.2mm, 日失墒量2.0mm; 平播麦地贮水量由544.8mm下降到416.7mm, 净失墒128.1mm, 日均失墒2.4mm。水平沟耕作较平播减少失墒量为20.9mm, 表明: 小麦在越冬前, 水平沟播种可以减缓土壤水分的蒸散。

(2)小麦越冬干湿交替失墒阶段。时间为11月中旬至次年3月中旬, 小麦从三叶期到返青期前。此季节正是一年最寒冷的时期。农田开始冻结, 蒸发相对减少, 但由于夜冻日消, 仍会促使土壤水分的消耗损失。其水平沟地2m土层贮水量由452.7mm下降到393.3mm, 净失墒59.4mm, 日均失墒0.50mm; 平播小麦地贮水量由416.7mm下降到384.4mm, 净失墒32.3mm, 日均失墒0.27mm。水平沟小麦与平播小麦在返青期土壤水分贮量仅相差8.9mm, 在越冬期多失墒27.1mm。这可能是由于水平沟播种的土壤表面积大于平播, 加之冬季的干湿交替, 在小麦蒸腾已不成为土壤失墒的重要途径时, 水平沟土壤表层相对蒸发大的缘故。

(3)小麦返青后的缓慢失墒阶段。时间为3月下旬至7月上旬, 小麦进入拔节以及抽穗成熟期。这一时期, 降雨量增多, 土壤供水已不成为作物需水的重要来源。作物蒸腾及蒸发相对增大, 土壤失墒逐渐减少。水平沟小麦地2m土层水分由393.3mm下降到375.1mm, 净失墒18.2mm, 日均失墒0.2mm; 平播小麦地由384.4mm下降到376.9mm, 净失墒7.5mm, 日均失墒0.10mm。因小麦在返青后, 水平沟耕作的小麦生长发育较好, 土壤耗水量必然加强, 因而水平沟耕作小麦地失墒较大。

总之, 不管水平沟耕作与否, 小麦在生育期内, 土壤常处于失墒阶段, 在小麦越冬前, 平播小麦地土壤失墒量较大; 在小麦越冬期以及拔节以后, 水平沟耕作小麦地失墒量较大。

## 2.2 水平沟耕作冬小麦的耗水规律

由于气象条件和作物生长发育状况的不同, 冬小麦各阶段耗水有明显的差异。同一阶段, 由

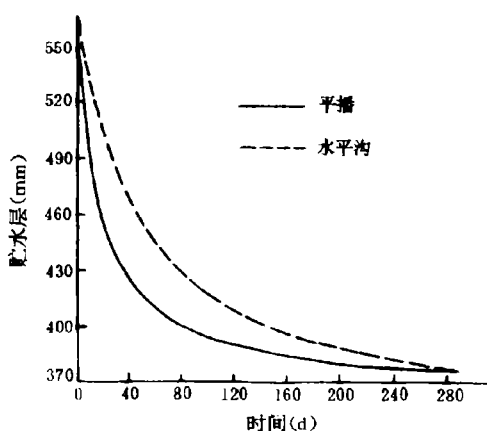


图1 冬小麦2m土层水分动态曲线

于耕作措施不同,作物生长发育不同,导致了阶段耗水量的差异。水平沟与平播耕作的冬小麦耗水量虽有差异,但耗水规律完全相同,即冬前耗水量较大,越冬期较小,返青期逐渐增大,至抽穗成熟达到最大。这反映了冬小麦耗水的内在规律和气候特征。

从曲线(图 2)可看出,尽管播种期土壤贮水量差异较大(1985 年水平沟、平播,1986 年水平沟及平播 2m 土壤贮水量依次为 474.1mm,474.0mm,559.9mm 和 544.8mm),但水平沟耕作与平播冬小麦日耗水规律基本一致。冬前水平沟耕作冬小麦日耗水量小于平播,越冬期则大于平播;拔节期后,平播小麦耗水量则小于水平沟,并随温度升高,差距逐渐增大,至收获前后达到最大。这可能是由于水平沟小麦在拔节以后,生长好覆被度大,裸地蒸发少,拦蓄径流大的缘故。

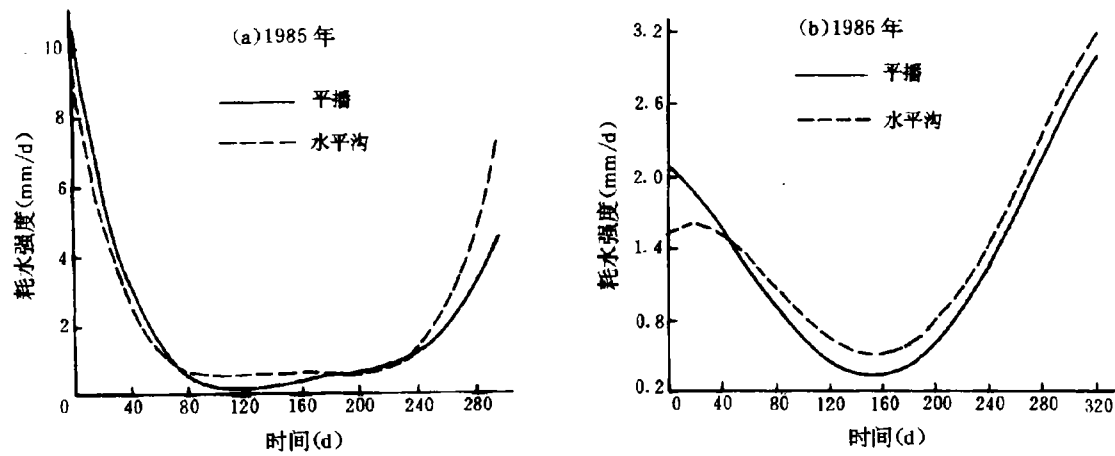


图 2 冬小麦日耗水强度随时间的变化曲线

不同生育阶段水分供应,对产量有不同影响。根据两年冬小麦试验资料(表 2),分别就 5 个阶段水分供应量与产量进行关联度分析。则各时段关联度  $R_{\text{播种} \sim \text{越冬}} = 0.632$ ,  $R_{\text{越冬} \sim \text{返青}} = 0.7945$ ,  $R_{\text{返青} \sim \text{拔节}} = 0.7947$ ,  $R_{\text{拔节} \sim \text{开花}} = 0.7872$ ,  $R_{\text{开花} \sim \text{成熟}} = 0.8399$ ,其中以返青期和灌浆期关联度较大,以灌浆期更明显,可见保障灌浆期水分供应,对产量是十分重要的。在小麦灌浆期,水平沟耕作比平播平均多耗水 10.8mm,两年较平播平均增产 34.4kg。在播种至越冬期,土壤耗水量较大,而该期水分供应量与产量关联度最小,因此,减少该期土壤水分消耗就显得十分必要。

表 2 冬小麦不同生育阶段耗水量 mm

生育阶段	播种~越冬	越冬~返青	返青~拔节	拔节~开花	开花~成熟	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
生育期	1984-09-17 ~11-01	1984-11-01 ~03-12	1985-03-12 ~04-18	1985-04-18 ~05-23	1985-05-23 ~06-30	
水平沟	84.2	101.8	31.4	50.5	85.61	786
平播	94.7	78.2	25.1	44.4	78.1	412.5
生育期	1985-09-24 ~11-10	1985-11-10 ~03-13	1986-03-13 ~04-30	1986-04-30 ~06-05	1986-06-05 ~07-08	
水平沟	233.4	97.4	26.1	33.9	102.6	1 462.5
平播	272.7	77.8	37.9	46.3	88.5	807.0

2.3 水平沟耕作可以拦蓄径流,减少土壤冲刷

降水产生的径流量与侵蚀量能反映水平沟耕作拦蓄径流、减少土壤冲刷的大小。综合 9a 试

验资料(表 3),水平沟较平播减少径流量 25.7%~62.1%,减少土壤侵蚀量 33.7%~88.9%。由于在小麦生育期内,暴雨量较小,除水平沟轮作侵蚀量较小外,土壤侵蚀量与降雨产生的径流量均小于秋粮作物谷子、大豆等;根据径流量、侵蚀量大小趋势,在不考虑小麦外,随坡度增大,径流量、侵蚀量也在增大;同样,除 CK 水平沟轮作径流量特殊外,在水平沟耕作或平播条件下,随坡度增大,水平沟耕作较平播减少径流量和侵蚀量百分数在下降,表明山坡耕地水平沟耕作有一定的坡度限制,坡度界线拟定在 25°以下,1991 年裸地 CK 与水平沟试验结果也证明这一点,此结论与卢宗凡等人<sup>[1]</sup>提出 25°界线观点一致。

不管怎样,种作物小区,其径流量和侵蚀量均小于裸露地,作物减沙减流效果显著。

表 3 水平沟耕作与径流量、侵蚀量关系

年份	供试作物	坡度	处理	径流量		侵蚀量	
				(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ·a)	较平播减少(%)	(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ·a)	较平播减少(%)
1983~1984	谷子	29°25′	1. 水平沟	22 460	27.1	3 756.9	33.7
			2. 平播	30 800		5 669.8	
			3. CK	33 100		7 814.4	
1985~1986	小麦	25°15′	1. 水平沟	11 068	40.5	1 047.3	49.8
			2. 平播	18 595		2 084.7	
1987~1991	轮作	23°00′	1. CK 水平沟	28 445	25.7	2 788.0	56.1
			2. CK 裸地	38 283		6 344.0	
			3. 水平沟轮作	21 125	44.8	718.0	88.7
1991	裸地	10°	1. 裸地 CK	22 891		1 064	
		15°		30 000		1 504	
		20°		40 123		2 184	
		25°		66 024		3 107	
		10°	2. 裸地水平沟	8 678	62.1	137	87.1
		15°		15 243	49.2	379	74.8
		20°		24 039	40.1	838	61.6
		25°		40 772	38.3	1 371	55.9

2.4 水平沟耕作可以减少养分流失

水土流失区,不仅肥沃的表土遭到冲刷,而且大量土壤养分也随之被携走,这是造成土壤瘠薄、土壤退化和土地生产力低下的根本原因。围绕养分流失问题,国内外学者进行了广泛研究<sup>[7,8,12]</sup>,但多侧重于不同利用方式、不同植被类型、不同土壤养分流失问题。对不同耕作,特别是水平沟耕作与养分流失关系研究方面,未见报道。为此,我们开展了这方面的研究工作,其目的是探讨水平沟耕作与养分流失关系。

土壤养分流失有两种形式,一种是地表径流,另一种是土壤侵蚀。9a 不同处理中 N、P 养分流失量的测定表明(表 4);以径流形式携走的可溶性 N 素均低于土壤侵蚀,以土壤侵蚀形式流失养分才是土壤日益退化的重要途径。在旱坡地,难溶性养分释放周期较长,特别是 P,而径流液中养分虽少,但多为可溶性养分,作物当季可以吸收利用,也可以这样说,径流液中流失的可溶性养分可以直接造成当季作物减产。因此不可忽视以径流形式流失的可溶性养分。从表 4 可看出,水平沟耕作小区,以径流形式流失的 N 素含量介于 12.83~28.99kg/(km<sup>2</sup>·a),以土壤侵蚀形式

流失的 N 素含量介于 302~1 578kg/(km<sup>2</sup>·a);而平播地,以径流形式流失的 N 素介于 19.99~45.91kg/(km<sup>2</sup>·a),以土壤侵蚀形式流失的 N 素介于 1 171~2 380kg/(km<sup>2</sup>·a),P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 介于 3 551~6 815kg/(km<sup>2</sup>·a)。流失的养分含量随着坡度的增加呈上升趋势,有作物处理的小区养分流失都低于平播。

表 4 水平沟耕作与土壤养分流失关系

试验年份	供试作物	坡度	处理	径流液中 可溶性 N 素 (kg/km <sup>2</sup> ·a)	土壤侵蚀流失养分	
					N 素 (kg/km <sup>2</sup> ·a)	P 素 (kg/km <sup>2</sup> ·a)
1983~1984	谷子	29°51′	1. 水平沟	28.99	1 578	4 516
			2. 平播	39.76	2 382	6 815
			3. CK	45.91	3 282	9 393
1985~1986	小麦	25°15′	1. 水平沟	13.82	440	1 259
			2. 平播	23.22	872	2 506
1987~1991	粮豆 轮作	23°00′	1. 水平沟轮作	12.83	302	863
			2. CK 水平沟	19.99	1 171	3 551
			3. CK 裸地	26.92	2 664	7 625

表 5 水平沟耕作可溶性氮素流失与坡度的关系

试验 年份	供试 作物	坡度 (°)	耕作管理	径流液中可溶性 N 素*			原地土壤可 溶性氮含量 (mg/kg)
				[(kg/(km <sup>2</sup> ·a))]	较裸地 减少(%)	较裸地水平 沟减少(%)	
1991	裸地	10	CK	39.2			16.16
		15		48.2			15.39
		20		55.8			13.12
		25		67.1			10.52
1991	裸地	10	水平沟	14.6	62.8		19.66
		15		18.6	61.4		18.60
		20		24.2	56.6		14.90
		25		33.7	49.8		13.03
1991	谷子	10	水平沟	5.0		65.8	27.15
		15		10.3		44.6	25.26
		20		14.9		38.4	21.55
		25		22.2		34.1	17.40
1991	马铃薯	10	水平沟	7.8		46.6	27.86
		15		12.3		33.9	25.70
		20		20.5		15.3	22.29
		25		29.1		13.6	18.28
1991	芥麦	10	水平沟	23.9		-63.7	15.68
		15		30.4		-63.4	13.03
		20		37.9		-56.6	11.08
		25		52.5		-55.8	9.74

\* 系 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 与 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 之和。

径流携走的可溶性 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 及 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 直接造成原地土壤可溶性氮的减少,减少的程度与坡度和耕作措施有关。表 5 表明:①与裸地平播相比,裸地水平沟径流液中可溶性氮的含量随坡度的增大而增大,其减少百分数随坡度增大而随之减少;②与裸地水平沟相比,谷子水平沟种植能防止土壤有效氮的损失。在研究坡度范围内,谷子水平沟种植减少土壤有效氮损失幅度介于 65.8%~34.1%之间,并随坡度增加,水平沟拦蓄有效氮流失的能力在下降;③马铃薯水平沟种植减少土壤有效氮的径流损失规律与谷子水平沟种植一致,所不同的是马铃薯水平沟种植防止

土壤有效氮径流损失的能力远不如谷子水平沟种植。与裸地水平沟相比,减少土壤有效氮损失幅度仅介于 46.6%~13.6%;④表现异常的是:荞麦水平沟种植反而增加土壤有效氮径流损失,其增加比例随坡度增加有所减缓。这可能是由于荞麦播种期一般在 6~7 月,荞麦的耕作管理主要集中在 7~9 月雨季,人为活动的介入是造成荞麦水平沟种植径流液中可溶性氮增加的主要原因;⑤土壤可溶性氮素的径流损失造成了原地土壤可溶性氮素含量的降低,其土壤有效氮含量随坡度增加而降低。

2.5 水平沟耕作可以提高土壤水分利用率

水平沟耕作改变了土壤水分条件,在降雨相同条件下,较平播可多接纳降雨,减少土壤水分的无效损耗。土壤水分利用率是反映水分生产力的一个重要标志,土壤水分利用率高是衡量土壤水土保持耕作措施优劣的一个重要指标。根据试验资料(表 6),水平沟耕作可以提高土壤水分利用率,提高幅度介于 25.2%~92.2%。水平沟耕作小麦提高水分利用率百分点高于谷子。对同一种作物来说,生育期内降水量高者,水平沟耕作提高水分利用率的百分点也越大,提高水分利用率趋势也越大,表明,在作物生育期内降水量越大,水平沟耕作提高水分利用率也越显著。随着坡度的增大,水平沟耕作提高水分利用率的百分点在下降。表明在一定的坡度范围内,坡度越小,水平沟耕作提高土壤水分利用率也越显著,反之亦然,进一步说明水平沟耕作有一定的陡度界线。

表 6 水平沟耕作与土壤水分利用率的关系

年份	供试作物	处理	坡度	生育期 降水量 (mm)	径流深 (mm)	土 壤 供水量 (mm)	作 物 耗水量 (mm)	产 量 (kg/hm <sup>2</sup> )	水分利用率	
									(kg/mm)	较平播 增加(%)
1983	谷子	1. 水平沟	29°51'	611.3	35.3	-69.7	506.3	1 890.0	0.249	56.6
	谷子	2. 平播	29°51'	611.3	45.9	-46.9	518.5	1 236.0	0.159	
1984	谷子	1. 水平沟	29°51'	448.9	9.6	-4.7	434.6	1 038.0	0.159	25.2
	谷子	2. 平播	29°51'	448.9	15.8	32.0	465.1	883.5	0.127	
1985	小麦	1. 水平沟	25°15'	233.7		119.8	353.5	786.0	0.148	72.1
	小麦	2. 平播	25°15'	233.7		86.8	320.5	412.5	0.086	
1986	小麦	1. 水平沟	25°15'	278.3	11.0	226.1	493.4	1 462.5	0.198	92.2
	小麦	2. 平播	25°15'	278.3	18.6	263.5	523.8	807.0	0.103	

综上所述,水平沟耕作可以提高作物产量,与平播相比,小麦平均增产 85.9%,谷子平均增产 35.2%,因此,在黄土丘陵区坡耕地上,应该大力推广水平沟耕作。

3 结 论

在黄土丘陵区坡耕地上大面积推广水平沟耕作对减少土壤侵蚀、提高土壤水肥利用率、防止土壤退化具有十分重要的意义。多年试验研究表明:①在小麦越冬期,平播小麦失墒量较大,在小麦越冬期乃至拔节以后,水平沟耕作小麦失墒量较大;灰色关联分析表明灌浆期和返青拔节期作物耗水量对作物产量贡献较大;在小麦灌浆期,水平沟比平播平均多耗水 10.8mm,两年平均较

(下转第 76 页)

长,又能减轻植物病虫害危害,减少地表水分蒸发,节水性能较好。

(3)由于渗灌系统每公顷投资仅5 100元,又便于在山坡地上使用,所以在黄土高原地区具有较好的推广前景。

(4)由于渗灌水是直接从渗管管壁的微孔渗出,靠土壤的毛细管作用逐渐扩散湿润土壤,能够保持良好的土壤结构使其不板结,通气性能好,微生物活动旺盛,促进土壤有机质的分解,从而使土壤理化性能得到改善。

(5)渗灌还可以将可溶性的肥料,通过渗管直接送到植物的根系层,从而可以提高肥料利用率,节肥效果显著。

#### 参考文献

- 1 李有华.山地果园集流节水保墒栽培技术.干旱地区农业研究,1997,15(4):41~44
- 2 刘婴谷.喷灌和微灌在中国发展的特色.农村实用工程技术,1997(8)
- 3 桑选民等.旱平地新建梨园微型集水保水系统试验研究报告.干旱地区农业研究,1997,15(4):45~49

**致谢:**承蒙黄河上中游管理局赵光耀先生审阅,特此致谢。

(上接第58页)

平播增产514.5kg/hm<sup>2</sup>;②水平沟耕作能拦蓄径流和减少土壤侵蚀,减少水土流失量在30%以上,但随坡度增加,从10~25°,减少径流及泥沙损失的能力下降接近1倍;③水平沟耕作能减少土壤养分特别是土壤氮素径流损失,增加土壤水分利用率,显著地提高作物生产力;④水平沟耕作的坡度界线拟定于25°以下。

**致谢:**参加此项工作的还有林和平同志,特致感谢!

#### 参考文献

- 1 卢宗凡等.水土保持农业增产体系研究.见:黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究(上册).杨陵:天则出版社,1990
- 2 余优森等.人工草地土壤水分变化规律的研究.土壤学报,1992(2)
- 3 朱自玺等.冬小麦耗水规律分析.气象,1992,13(2)
- 4 李玉山等.黄土高原南部作物水肥产量效应的田间研究.土壤学报,1990(1)
- 5 李开元,韩仕峰等.陕北黄土丘陵沟壑区旱地土壤水分动态.水土保持学报,1990(6)
- 6 卢宗凡等.地膜玉米对土壤水分利用的试验研究.水土保持通报,1990(6)
- 7 李飞等.红壤丘陵生态系统矿质元素的运动与转移.水土保持学报,1990(1)
- 8 李松.土壤酶和养分流失关系研究.水土保持学报,1990(2)
- 9 王德轩等.不同耕作措施对保持水土,提高土壤水分利用率和转化率的效应.水土保持通报,1989(1)
- 10 Doorenbos J, Pruitt W O. Guidelines for predicating crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper, Rome, 1990(24)
- 11 Unger P W. Conservation Tillage Systems. Advances in the Soil Science, 1990, 13
- 12 Lal R. Soil Surface Management in the Tropics for Intensive Land and Sustained Production. Advances in the Soil Science, 1985, 3