

黄土高原地区耕作技术效益研究³

王占礼

(中国科学院水利部水土保持研究所)

摘要: 黄土高原地区地形破碎, 坡地所占比例大, 水土流失严重。调查和试验表明, 在坡耕地上, 因地制宜地采取各种水土保持耕作技术措施, 对改变坡面微地貌, 减少水土流失, 增加土壤抗蚀、蓄水、保土性能; 培肥地力和提高作物产量, 都具有显著作用。该文着重分析了效果明显的 8 种耕作技术及其特征, 供决策部门在制订规划时参考。

关键词: 坡耕地; 耕作技术; 水土保持; 黄土高原

坡耕地是黄土高原农业活动的主体, 同时又是水土流失最为严重的地区, 如何治理这一区域是摆在科技工作者面前的重要课题。

在长期的生产实践中, 劳动人民总结出了大量蓄水保土的有效耕作技术, 对提高有限水分的利用效率和增加旱坡地收成及防止土壤流失发挥了积极的作用^[1,2]。建国以后, 科技工作者不仅探索出一系列新的保水保土保肥耕作技术, 同时对一些传统技术的特点也进行了科学的试验研究^[3,4], 本文对其中的主要技术及其特征进行分析。防治土壤侵蚀和合理利用水土资源的技术措施可分为农业措施、生物措施和工程措施。在防治土壤侵蚀的农业技术措施中, 则以能够保持水土的耕作措施为主要内容^[5]。黄土高原保水、保土和保肥耕作技术的主要措施包括深耕法、等高耕作法、坑田、地孔田、垄膜沟种植、隔坡水平沟、复种法等。在坡耕地上采用这些耕作措施的基本原理是增加地面粗糙度, 改良土壤结构, 提高土壤肥力和透水能力; 增加地表被覆度, 就地拦截降雨, 增加地表水的入渗时间, 防止径流的发生, 防止或减少土壤的流失, 从而达到保水、保土、保肥的持续增产的目的, 依托农业工程措施, 使耕作技术获得更高的效益。

1 深耕

黄土高原不但降水严重不足, 而且对有限的降水利用也不充分, 目前的降水利用率一般为 2.25

kgö(mm · hm²), 农业现阶段产量达到降水生产潜力值的 16.5% ~ 36.6%^[5]。深耕是历史悠久和广泛采用的耕作法, 深度增加, 耕度则厚, 土层松软, 有利贮水蓄墒, 通气性好, 能加速有机质矿化。陕西省农科院试验, 畜耕深度 10~12 cm 增至机耕 15~20 cm, 增产达 10%~30%, 耕深至 25~35 cm 具有普遍增产作用。根据在宁夏西吉县试验, 采用深耕翻技术, 改善了土壤环境, 增强了土壤通气性, 促进地上部和地下部空气流通, 也促进了好气性微生物活动, 加速了土壤新陈代谢过程, 使紧密的土壤变得松软多水, 有利于农作物根系的穿插与良好发育, 可提高土壤含水量和土壤养分含量及产量水平(表 1、表 2)。

表 1 深耕对土壤含水率的影响(宁夏西吉县)

Tab 1 Effects of deep tillage on soil moisture (Xiji County Ningxia)

深耕深度 öcm	春播前 0~30 cm 土壤含水率ö%							
	豌豆茬		小麦茬		胡麻茬		平均	
	梯田	坡地	梯田	坡地	梯田	坡地	梯田	坡地
连年深耕 30	11	10	11	9	10	9	10	9
连年深耕 40	12	11	12	9	10	9	11	10
隔年深耕 30	11	10	11	9	8	8	10	9
隔二年深耕 30	10	9	10	9	8	7	9	9
连年深耕 20	8	7	8	7	7	6	7	6

2 等高耕作法

等高耕作法是沿等高线进行耕作和种植, 改顺坡种植为等高种植^[6], 它是黄土高原地区坡耕地保持水土的一种基本措施, 也是其他耕作措施的基础, 对拦截径流和减少土壤冲刷有一定的效果, 具有保

收稿日期: 1999207209

3 国家自然科学基金(49871051)、中科院留学基金及中科院知识创新项目资助

王占礼, 副研究员, 陕西杨凌区西农路 26 号 中国科学院水利部水土保持研究所, 712100

表2 深耕对农作物产量的影响(宁夏西吉县)

Tab 2 Effects of deep tillage on crop yield(Xiji County, Ningxia)

深耕深度öcm	小麦产量			豌豆产量		
	单产ök g · hm ⁻²	增产ök g · hm ⁻²	增产率ö%	单产ök g · hm ⁻²	增产ök g · hm ⁻²	增产率ö%
连年深耕 30	2182.5	364.5	20	1696.5	241.5	17
连年深耕 40	2272.5	454.5	25	1848.0	393.0	27
隔年深耕 30	2121.1	303.0	17	1666.5	211.5	15
隔2年深耕 30	1939.5	121.5	7	1606.5	151.5	10.4
连年深耕 20(CK)	1818.0	—	—	1455.0	—	—

水、保土、保肥等综合作用,有利于作物健壮发育,从而达到增产增收之目的,增产幅度一般可达25%~80%。据甘肃省西峰水土保持试验站观测,在2左右的坡耕地上,等高耕作比顺坡耕作减少径流量51.4%~57.37%,在0~7cm的土层内,其土壤水分比顺坡耕种的高2.80%~9.59%。据天水水土保持试验站观测,等高耕作的棉田保水能力比顺坡耕作的田块高2.5倍。内蒙古武川旱农试验示范区的试验表明:等高种植与顺坡种植相比,其土壤水分增量(蓄墒量)随降水量的增加而增大,增墒量为6.0~28.1mm,增墒幅度为63.8%~196.5%,降水利用率提高了25.8%~59.8%,春小麦产量提高28.8%。

3 坑田耕作法

坑田古名区田,陕西北部地区叫掏钵种,是我国历史悠久的耕种方法,即在地形破碎、块面小、土质差的地方采取挖坑施肥覆熟土的增产种植方法^[7]。坑田的好处一是坑深30cm左右,等于实行了深耕,比大田活土层加深8~15cm,有利于蓄水保墒;二是土层肥沃,根系密,有利于作物吸收^[11];三是坑种法按“梅花”形掏坑,每公顷22.25万个,占地105,有利于作物根系发育。千阳县部分地方实行坑种方法,比平种单产增加3469kgöhm²,增产率达69.1%(表3)。

表3 千阳县部分地方坑田种植与平种产量比较(1987~1996年)

Tab 3 Comparison of crop yield of pit land with that of non-pit land(Qianyang County, 1987~1996)

村名	作物	坑田种植		平种		比平种增产ök g · hm ⁻²	增产率ö%
		种植面积öhm ²	产量ök g · hm ⁻²	种植面积öhm ²	产量ök g · hm ⁻²		
新兴村	玉米	15	4500	30	2400	2100	87.5
普社村	玉米	30	4200	60	2100	2100	100.0
张家原村	高粱	20	3950	50	1650	2300	139.4
西沟村	小麦	100	9000	200	6500	2600	38.5
柳家塬村	马铃薯	10	18000	40	11000	9000	81.8
新民村	玉米	20	4800	40	2050	2750	134.2
文家坡村	马铃薯	15	2100	50	14000	7000	50.0
赵家塬村	玉米	20	3900	60	1900	1000	52.6
平均		28.75	8668.8	66.25	5200	3469	69.1

4 地孔田耕作法

地孔田是在坡耕地田间打孔,使地面均匀分布有一定深度的地孔,以缩短坡面径流运动距离,减少其冲蚀力,达到蓄水保土的目的^[7]。据在陕西横山试验表明,地孔田可以改善土壤水分状况,0~150cm土层中土壤水分增加15.4mm,其蓄水量相当于容纳了一次大雨。定西试验示范区研究结果表明,在两次降雨42mm的情况下,0~100cm土层内可增加

水分12.66mm。储存的水分通过地孔渗入较深土层,有利于作物吸收,粮食增产幅度在5.4%~21.4%。

5 营养柱耕作法

钻犁营养柱耕作法以尽可能少的物质能量投入,使水、肥、光、气、热、根集中、同步、协调,以实现大气候与地形、地形与根沟形的最佳匹配,以使根系对地形的开发利用量达到最大,进而获得最高的经

济效益及生态效益^[8]。山西省农科院棉花研究所所在万荣县西景村试验, 每 hm^2 67500 个直径 8 cm 深 100 cm 的孔洞, 填入耕层肥土制成“营养柱”, 而把其中取出的阴土翻到地表起垅, 每营养柱种一株棉花, 结果产籽棉 2098.5 kg/hm^2 , 皮棉 729 kg/hm^2 , 营养耕作法比常规耕作法的籽棉产量高 41%, 皮棉产量高 50%, 衣分高 63.3%、百粒重、绒长及细度均较高(表 4), 营养柱集水、肥、光、气、热、根于一体, 拔柴后越冬前测定, 柱内 40~100 cm 土中含水量、根长及根干重分别比对照高 72.9%、391.6%、802%, 地面杂草及水蚀养分流失均明显减少, 表现出很大的生产生态潜力。

表 4 棉花生长结果(1995 年)

Tab 4 Results of cotton growing (1995)

项 目	常规(CK)	营养柱(NC)	比CK $\pm\%$
株高 $\bar{a}\text{m}$	36.5	51.2	40.2
茎干重 $\bar{a}\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$	111.7	183.3	64.2
单株成桃吐絮 \bar{a} 个	6.4	11.4	78.4
籽棉 $\bar{a}\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	1489.5	2098.5	40.9
皮棉 $\bar{a}\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	486.0	729.0	79.8
衣分 $\bar{a}\%$	32.7	34.7	6.3
百粒重 $\bar{a}\text{g}$	8.2	8.3	1.2
绒长 $\bar{a}\text{cm}$	24.9	25.8	3.6

6 垄膜沟种耕作法

垄膜沟种耕作法, 又称田间微集水技术, 其技术要点是前茬作物收获后, 随即对农田进行翻耕、耙耱, 然后按照一定的宽度起垄, 使地面呈沟、垄相间状态, 垄上覆盖地膜, 使垄面降水以“径流”形式向沟内汇集, 渗入土壤深层。夏闲期内保持沟内表层土壤疏松、无板结、无杂草, 以抑制土壤蒸发, 达到集水保墒的效果。秋季或春季在沟内种植作物, 并保持垄和地膜不受损坏。

西北农林科技大学在渭北开展的人工模拟实验表明, 在降雨 45 mm 一天后测定土壤水分, 平作水分下渗深度只有 30 cm, 而垄作覆盖膜区下渗 50 cm, 增加 20 cm^[9]。在田间试验中, 夏闲期间 2 m 土层蓄水量, 垄作覆盖膜区为 495.5 mm, 比平作区的 452.4 mm 增加 43.5 mm, 蓄水率为 49.0%, 比平作区的 31.2% 提高 17.8%。宁南旱农试验示范区 1992~1994 年试验测定, 采用田间径流技术, 春小麦休闲期蓄墒率由平作的 17.2% 提高到 35.1%~45.4%, 生产年度集水量达 129.9~259.8 mm, 生育期耗水量由平作的 175.5 mm 增加到 269.4~

344.7 mm, 增产率达 306.3%~332.2%, 窄带起垄膜的作物水分利用效率提高 1.60 $\text{kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{mm})$, 宽带起垄覆膜的作物水分利用效率提高 2.20 $\text{kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{mm})$; 胡麻生产年度集水量达 131.6~263.2 mm, 生育期耗水量由平作的 172.0 mm 增加到 246.8~312.1 mm, 增产率为 322.8%, 水分利用效率提高 1.54 $\text{kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{mm})$ (表 5)。

表 5 垄膜沟种田间微集水技术的集水、增产效果

Tab 5 Effects of furrow and ridge with film on collected water and crop yield

作物	项 目	平作	起垄不覆膜		起垄覆膜	
			宽带	窄带	宽带	窄带
春小	休闲期集水量 $\bar{a}\text{mm}$	0.0	30.2	60.5	71.9	143.8
	生育期集水量 $\bar{a}\text{mm}$	0.0	24.4	48.8	58.0	116.0
	生育期耗水量 $\bar{a}\text{mm}$	175.5	211.1	239.5	269.4	344.7
	产量 $\bar{a}\text{kg}/3\text{hm}^2$	234.8	296.7	283.3	953.9	1014.6
	增产率 $\bar{a}\%$	-	26.4	20.7	306.3	332.2
胡麻	水分利用效率	1.34	1.40	1.18	3.54	2.94
	$\bar{a}\text{kg}\cdot(\text{hm}^2\cdot\text{mm})^{-2}$					
	休闲期集水量 $\bar{a}\text{mm}$	0.0	32.3	64.5	87.6	153.4
	生育期集水量 $\bar{a}\text{mm}$	1.0	23.1	46.2	54.9	109.8
	生育期耗水量 $\bar{a}\text{mm}$	172.0	200.5	231.2	246.8	312.1
麦	产量 $\bar{a}\text{kg}\cdot\text{hm}^2$	165.5	(290.7)	(699.6)		
	增产率 $\bar{a}\%$	-	(75.7)	(322.8)		
	水分利用效率	0.96	(1.35)	(2.50)		
	$\bar{a}\text{kg}\cdot(\text{hm}^2\cdot\text{mm})^{-2}$					

注: (1) 带型, 宽带沟 垄=1.33 m 0.67 m, 窄带沟 垄=0.67 m 0.67 m; (2) 括号内数据为宽带区与窄带区平均值。

7 隔坡水平沟

隔坡水平沟是 80 年代末山西旱地农业的重要成果^[10]。主要用于营造用材林和经济林。近几年来, 该项技术应用于种植业, 取得了明显的效益, 成为稳定粮食生产, 解决黄土高原水土流失区人民温饱问题的有效技术措施。其技术要点是在 15°~25° 坡耕地上, 沿等高线由低到高依次规划成 4~6 m 宽的带。挖沟时, 从地边沿等高线将沟表面及沟下沿堆土部位坡面 0~20 cm 的熟土层向上坡翻, 然后用沟内挖出的生土做沟下硬埂, 埂高 40 cm, 顶宽 30 cm, 挖深 40 cm, 挖到深度后再沿沟深翻一锹, 将农家肥和化肥施入, 并将移出的表层活土回填到水平沟内, 修整后的沟田耕作带净宽 1~1.2 m。

隔坡水平沟田将坡面分为径流区和聚流区, 分段拦截坡面径流, 促进降水就地入渗, 减少土壤侵蚀。据山西省农科院在隰县观测, 1991 年 7 月~

1992 年 9 月期间, 共出现径流降雨 5 次, 15 坡耕地上, 各次径流及泥沙量测定结果(表 6)表明: 隔坡水平沟的径流量、表土流失量比传统耕作分别减少 71.9% 和 69.3%。这种耕作法有效地蓄纳降雨, 提高雨季的蓄墒率, 达到“秋雨春用”; 为坡耕地作物的持续高产稳产奠定了物质基础。据 1996 年在隰县

石楼两地的试验表明(表 7), 隔坡水平沟田与传统耕作相比, 秋末 2 m 土层蓄水量分别增加 191.3 mm 和 154.6 mm, 玉米产量提高 206.0% 和 196.9%, 降水利用效率提高了 8.7 kgÖ(mm · hm²) 和 7.8 kgÖ(mm · hm²)。

表 6 1991~1992 年隔坡水平沟的水土保持效果

Tab 6 Benefits of soil and water conservation on level furrow with every other slope

年份	日期 日/月/年	降雨量 \bar{Q}_{mm}	最大雨强 $\bar{Q}_{mm} \cdot 0.5h^{-1}$	传统耕作(CK)		隔坡水平沟	
				径流量 $\bar{Q}_{m^3} \cdot hm^{-2}$	土壤侵蚀量 $\bar{Q}_{t} \cdot hm^{-2}$	径流量 $\bar{Q}_{m^3} \cdot hm^{-2}$	土壤侵蚀量 $\bar{Q}_{t} \cdot hm^{-2}$
1991	07210	24.1	20.6	62.25	15.07	27.75	7.56
	0928	16.8	20.4	40.65	17.88	14.10	3.82
1992	08210	40.1	12.3	125.10	35.95	55.91	13.92
	08227	22.7	11.1	17.25	10.41	6.30	18.75
	08230	86.2	24.8	490.50	74.82	103.20	3.25
平均		37.98	17.84	147.15	30.83	41.4	9.46

表 7 不同耕作法的土壤水分状况、玉米产量及降水利用效率的比较(1996 年)

Tab 1 Comparison of soil moisture, maize yield and usage rate of precipitation under various tillage technologies

项 目	隰 县			石 楼		
	隔坡水平沟	传统耕作	增加	隔坡水平沟	传统耕作	增加
2m 土层蓄水量 \bar{Q}_{mm}	571.2	379.9	191.3	518.8	364.2	154.6
玉米产量 $\bar{Q}_{kg} \cdot hm^{-2}$	7285.5	2380.5	4905.0	6337.5	2134.5	4203.0
降水利用效率 $\bar{Q}_{kg} \cdot (mm \cdot hm^2)^{-1}$	12.9	4.2	8.7	11.7	3.9	7.8

表 8 渭北旱塬油菜茬复种试验结果

Tab 8 Results of experiments of cultivation on land with rape stubble

复种作物	1990 年			1991 年		
	产 量 $\bar{Q}_{kg} \cdot hm^{-2}$	耗水量 $\bar{Q}_{mm} \cdot hm^{-2}$	耗水系数 $\bar{Q}_{mm} \cdot kg^{-1}$	产 量 $\bar{Q}_{kg} \cdot hm^{-2}$	耗水量 $\bar{Q}_{mm} \cdot hm^{-2}$	耗水系数 $\bar{Q}_{mm} \cdot kg^{-1}$
玉米	7636.5	6321.0	0.83	6753.0	5491.5	0.81
谷子	4351.5	5896.5	1.36	2161.5	5761.5	2.67
芝麻	465.0	5392.5	11.60	606.0	5215.5	8.60
毛苕	7234.5	3877.5	0.66	3547.5	4711.5	1.33
夏闲	0	—	—	3328.5	—	—

8 复种

复种是单一的作物, 单一的群体结构^[11, 12]在一年内采用种收 2 次以上的耕作制。黄土高原地区以 2 茬复种为主, 在一些水热条件较好的地区, 如陕西关中灌区、宁夏引黄灌区、甘肃河西灌区都广泛采用各种复种模式。

黄土高原休闲期长达 70~100 d, 此期光热强烈, 雨热同季, 增加复种, 发展多熟种植, 不仅对解决当前人们对农产品的需要具有重要意义, 而且也是黄

土高原农业生产发展的重要特点。据西北农大在渭北试验, 在相同茬口上, 均获得较高的产量(表 8)。复种还具有抗灾保收的积极意义, 所谓“夏粮损失秋粮补”、“以秋补夏”。

随着高新技术在农业工程中的应用, 耕作技术还会不断发展, 本文只是介绍黄土高原效果明显的几个类型, 有些效果显著的技术还处于试验阶段。本课题还将对此进行更深入的研究, 解决农业生产中带有普遍性的问题, 为推动我国耕作技术研究作出贡献和农业持续发展提供基本思路。

[参 考 文 献]

- [1] 史进元, 郭占富, 邹美娥等. 陕西省施肥现状及展望. 西北农业大学学报, 1995, 4(增刊): 9~ 17
- [2] 彭琳, 彭祥林, 余存祖. 黄土区有机肥与化肥配施效果. 土壤肥料, 1983(5): 14~ 15
- [3] 党廷辉, 彭琳, 戴鸣钧. 旱塬长期施肥的产量效应与土壤肥力演变. 水土保持学报, 1995, 9(1): 55~ 63
- [4] 刘东海. 宁夏黄土丘陵区旱作农田蓄水保墒耕作技术经验总结. 干旱地区农业研究, 1997(1): 33~ 38
- [5] 彭琳. 发展“两环”, 整治“两区”——黄土高原综合治理开发的总体构思. 水土保持通报, 1989, 9(3): 1~ 7
- [6] 姚顺波, 张雅丽, 周庆生. 推广节水灌溉, 缓解瓶颈制约. 陕西农业科学, 1999(12): 17~ 18
- [7] 上官周平, 彭珂珊. 黄土高原粮食生产与持续发展研究. 西安: 陕西人民出版社, 1999: 192~ 227
- [8] 潘辛来, 张贵云, 王永杰等. 黄土高原地区“营养柱”耕作法植棉试验初报. 干旱地区农业研究, 1997(2): 44~ 48
- [9] 李军. 渭北旱塬夏闲地开发利用研究. 西北农业大学学报, 1994, 22(2): 99~ 102
- [10] 卢宗凡, 梁一民, 刘国彬. 中国黄土高原生态农业. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997: 31~ 44
- [11] 彭珂珊. 西北地区水土流失的耕作措施研究. 山西水土保持科技, 1996, 16(1): 14~ 20
- [12] 西北农业大学. 耕作学. 银川: 宁夏人民出版社, 1986: 83~ 120

Study on Benefits of Various Tillage Technologies in the Loess Plateau

Wang Zhanli

(Institute of Water and Soil Conservation, CAS and Ministry of Water Resources, Yangling 712100)

Abstract: There are broken topography, large slope land and severe soil erosion in the Loess Plateau. The investigations and experiments showed that taking various tillage technologies of soil and water conservation in line with the thought of suiting measures to local conditions, can change micro-landform of hillslope, decrease soil and water loss, increase anti-erosion and conserve water of soil, cultivate soil and improve crop yield on slope land apparently. This paper analyzed eight tillage technologies and their features of soil and water conservation.

Key words: cultivated slope-land; tillage technology; soil and water conservation; Loess Plateau

2000年我国与农业工程有关的农业基础设施建设重点

据农业部信息,今年我国农业基础设施建设将在资金投向上作适当调整,重点向农业服务体系、农业基本生产条件改善、农业生态环境的建设和保护方面倾斜。与农业工程有关的内容有:

农业服务体系方面:继续组织实施“种子工程”,建设市场信息体系、农产品质量标准和检测体系、农业社会化服务体系和环境检测体系。

农业基本生产条件改善方面:由普通农产品生产向优质专用型品种生产、加工转变。继续改善农业生产条件,加强旱作农业示范基地、高标准农

田和现代化农业示范区建设。

农业生态环境建设和保护方面:切实加强耕地、草原和水资源保护,严格控制污染;大力组织实施“沃土工程”,增加还田面积;加快治理草原退化沙化碱化;加强黄河、长江等流域和生态脆弱地区农业生态环境建设,有步骤地实施退耕还林、还草、还湖;抓住国家实施西部大开发战略的机遇,大力加强西部地区农业生态环境和农业基础设施建设。

(本刊辑)