

陕北丘陵沟壑区主要农作物水分利用与平衡

苏 敏 卢宗凡 李够霞

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 根据陕北丘陵沟壑区自然特点,和该区农田主要农作物水分利用与平衡研究工作结果,分析总结了不同农作物在不同立地条件、不同栽培管理状况下的水分利用与平衡的规律为:在降雨正常年份的作物生育期内,2m 土层土壤水分变化趋势与自然降雨同步;各作物收获后的土壤水分与播种前土壤水分几乎相等、作物耗水量与生育期降雨量几乎相等,土壤水分基本处于平衡状态;同年降雨量相同,但由于作物种类、耕作措施、立地条件不同,使作物产量、水分利用效率差异显著。并由此论述了提高当地农田作物水分利用效率,发展农业生产的有关措施。

关键词 黄土丘陵沟壑区 不同农作物 土壤水分 水分利用与平衡

Water Use and Equilibrium of Main Crops in Loess Hilly and Gully Region of North Shaanxi

Su Min Lu Zongfan Li gouxia

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

Abstract On the basis of result of water use and equilibrium for main crops in loess hilly and gully region of north Shaanxi, analysed the water use characteristic of different crops under various management and sites. The result showed that the soil moisture in depth of 2m during crop growth period had the similar regulation with rainfall under the common year. The soil water storage had no great change after crop growth with no water deficit. The crops yield and water use efficiency were changed with crop species, farming method and sites. The approach of improve water use efficiency and yield for main crops was suggested.

Key words loess hilly and gully region different crops soil moisture water use and water balance

1 自然条件

陕北丘陵沟壑区地处黄土高原腹地,在榆林、靖边、定边以南,甘泉、延安以北,共14个县市,

总土地面积320万 hm^2 ^[1]。区内梁峁起伏,地形破碎,沟壑密度高达8.06km/km²,侵蚀模数1.4万 t/km²·a。该区属温带半干旱气候区,地下水资源贫乏,多年平均降水量531mm左右,但是分配不均,年际间和年内季节降雨变化大,主要集中在7、8、9三个月,占全年降雨量的60%~80%,且多暴雨造成水土流失。区内主要土壤为黄绵土,质地轻,入渗蒸发快,年均水面蒸发量1 800~2 200mm,较降雨量大3倍左右。

该区热量资源丰富,日照充足,年日照总时数2 415h,年均温8.8℃,≥0℃积温3 733℃,≥10℃积温3 113.9℃,水热组配与作物生长同步,对秋粮作物有利,但土壤瘠薄,旱、冻、大风、冰雹、暴雨等自然灾害频繁,加上广种薄收,亩产仅几十公斤,水分利用效率极低。因此研究该区各种不同条件下的农田水分动态平衡与利用,对于充分利用其土壤和降水资源,促进农业持续稳定发展具有重要意义。

2 研究结果

丘陵沟壑区土地类型复杂^[2],栽培农作物百余种^[2],水土保持耕作和传统间、套轮作制度复杂多样,给农作物水分研究工作提供了广阔的天地。近几年我们分别在川平地、坡地布设了主要农作物水分利用与平衡试验,下面分别论述主要农作物地面水分利用与平衡研究结果。

2.1 冬小麦地的水分利用与平衡^[3]

冬小麦在陕北丘陵沟壑区是当年9月播种,翌年6~7月收获的越冬作物,且大部分在阳坡山地种植,从当年降水季节分配来看,对播种、幼苗生长有利,对越冬后抽穗、拔节、成熟等育期不利,仅靠自然降雨不能满足其生长发育需要,到雨季来临,冬小麦已收获,因此近年当地冬小麦种植面积锐减,而当地其它作物皆是当年春、夏季播种,当年秋季收获的秋粮作物,其生育期与雨季同步,再加上轮作,因而在产量、水分利用效率等方面都比冬小麦连作优越(见表1)。

表1 冬小麦连作与不同作物轮作比较

轮作方式	生育期 平均降雨 量(mm)	生育期 径流 量(mm)	土壤 供水 (mm)	耗水 量 (mm)	作物 均产 (kg/hm ²)	水分利 用效率 (kg/mm)	水份平 衡值 (mm)
1	498.9	35.7	-23.7	439.5	1822.5	0.28	23.7
2	498.9	31.0	-32.1	435.8	2208	0.34	32.1
3	498.9	25.6	4.1	477.4	2032.5	0.29	-4.1
4	498.9	27.0	4.1	476.0	2359.5	0.33	-4.1
5	353.5	46.3	192.2	499.4	547.5	0.07	-192.2

轮作方式:

- 1 春播荞麦→黄豆→谷子→黑豆→春播荞麦
- 2 黄豆→谷子→春播荞麦→黄豆→谷子
- 3 糜子→洋芋→黄豆→春播荞麦→糜子
- 4 黄豆+黄芥→夏播荞麦→黄豆+黄芥麦→夏播荞麦→黄豆+黄芥
- 5 冬小麦连作

从本试验可以看到,不管哪种轮作方式,其产量、水分利用效率都比小麦连作高,农田水分供需也更接近平衡,而小麦5年连作,水分平衡负值达192.2mm,说明冬小麦生长发育期间的水分条件很差,所以产量、水分利用效率都很低,是不可取的栽培方式。

2.2 玉米的水分利用与平衡

玉米是陕北丘陵沟壑区川平地、新老梯田种植的产量、经济效益都比较高的大宗粮食作物,

由于玉米在当地是春季播种,秋季(10月)收获的秋粮作物,生育期内气候、自然降雨与玉米生长发育对水热需求基本同步,因此玉米比小麦容易获得高产,1993年我们在安塞川地布设了玉米产量潜势试验,每亩施优质羊粪1 500kg,尿素17kg,磷肥35kg,小区面积33. 4m²,重复2次,品种为中单2号,1993年4月19日播种,每 hm²留苗52 500株,10月中旬收获,水分测定和试验结果见表2、表3、图1。

表2 土壤水分测定结果

土层深度(cm)		0~50	50~100	100~150	150~200
4月	平播	11. 54	11. 91	11. 77	12. 08
	垄沟	11. 54	11. 91	11. 77	12. 08
5月	平播	9. 69	8. 93	11. 62	10. 32
	垄沟	9. 77	10. 10	9. 67	10. 38
6月	平播	10. 72	10. 28	10. 77	10. 80
	垄沟	10. 93	10. 09	10. 40	10. 75
7月	平播	12. 48	10. 70	10. 89	11. 09
	垄沟	12. 47	10. 82	11. 00	10. 91
8月	平播	13. 25	13. 33	13. 49	12. 71
	垄沟	13. 80	13. 84	14. 09	13. 24
9月	平播	8. 94	9. 46	7. 14	9. 10
	垄沟	9. 12	8. 98	8. 88	8. 38
10月	平播	12. 88	11. 35	11. 42	11. 65
	垄沟	13. 46	12. 21	11. 92	11. 97

表3 玉米水分利用与平衡

处	播前土	收获后	生育期	耗水量	产量	水分利	水分
理	壤水分	土壤水	降雨	(mm)	(kg/hm ²)	用效率	平衡
	(mm)	分(mm)	(mm)			(kg/mm)	(mm)
垄沟	314. 4	329. 6	488. 7	473. 5	7800. 0	1. 10	15. 2
平播	314. 4	314. 7	488. 7	488. 4	6250. 0	0. 92	0. 3

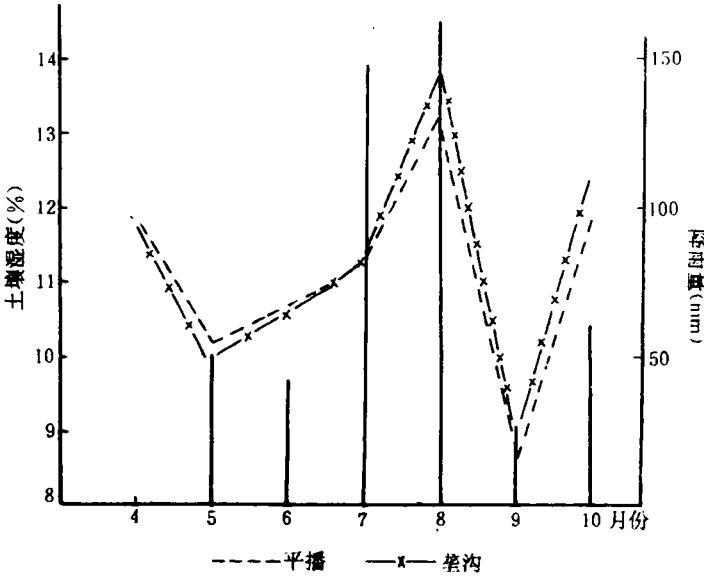


图1 降雨与土壤水分动态(1993年)

1993年全年降雨量551mm,是平水年。玉米生育期内共降雨488.7mm,已满足了玉米生长发育及蒸发所需水分,再加上有机肥、化肥、密度等栽培管理措施都符合高产最佳^[2]栽培数学模式。因此不管是垄沟玉米还是平播玉米当年都达到而且超过了当地降水生产潜势,水分利用效率也

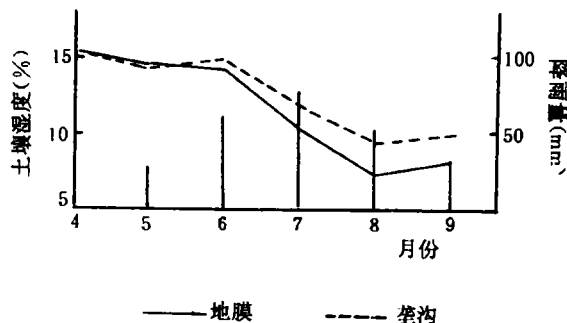


图2 欠水年玉米土壤水分动态

加,8月份降雨达152mm,土壤水分出现第2个高峰,9月份降雨只有22mm,玉米生长接近成熟边还需要一定的水分,所以本月土壤水分出现低谷,9月底至10月上旬玉米已接近成熟,10月降雨又上升到60mm,因而土壤水分出现第3个峰值。

土壤水分、作物产量受自然降水影响还可从另一试验得到佐证,1987年全年降雨404.8mm,玉米生育期降雨只有301mm,属干旱年,因此垄沟、地膜玉米全生育期土壤水分呈

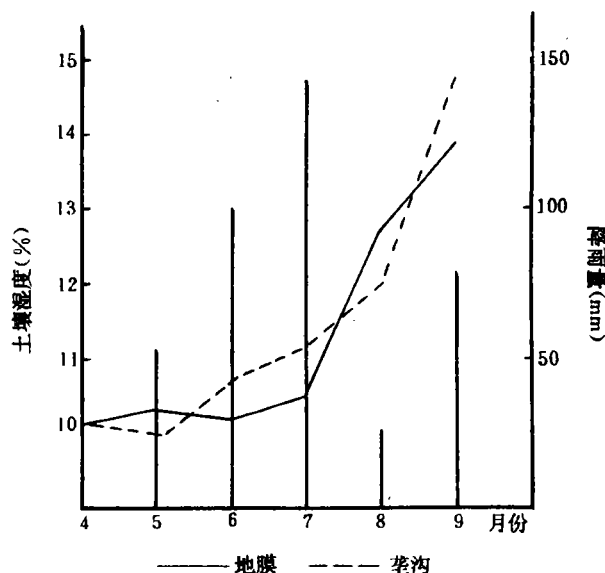


图3 丰水年玉米土壤水分动态(1988年)

下降状态,降雨不能满足玉米需要,产量不足300kg,水分平衡呈负值,见图2、图3、表4。

表4 丰欠水平玉米水分利用效率

年	处	播前土壤水分 (mm)	收获后土壤水分 (mm)	生育期降雨 (mm)	作物耗水 (mm)	产量 (kg/hm ²)	水分利用效率 (kg/mm)	地膜比 垄沟高 (kg/mm)	水分平衡 (mm)
1987	地膜	407.7	213.0	301.0	495.7	3883.5	0.52	0.05	-194.7
	垄沟	407.7	265.4	301.0	443.6	3105.0	0.47	0	-142.6
1988	地膜	274.3	374.2	611.9	512.0	6132.5	0.93	0.08	99.9
	垄沟	274.3	401.0	611.9	495.0	6288.0	0.85	0	116.9

从表3和图2、3上不难看出,1988年全年降雨达729.2mm,生育期就有611.9mm,是丰水年,

因而2m 土层土壤水分一直呈上升状态,降雨除供玉米蒸腾、蒸发外,还有剩余,水分平衡为正值,当年玉米单产、水份利用效率也达到了较高水平。

2.3 谷子水分利用与平衡

1993年我们在安塞试验站山坡地(17°左右)布设了传统耕作法水分利用与平衡试验,共设6种处理(1)坡地平播种植,(2)坡地水平沟种植,(3)反田,(4)隔坡梯田,(5)宽梯田,(6)窄梯田。每处理由333.8m²坡地修成,前4种处理各在小区下部用水泥板围成40m²的径流观测区,当年种植作物为谷子,因是新修试验地,产量甚低,结果见表5、图4。

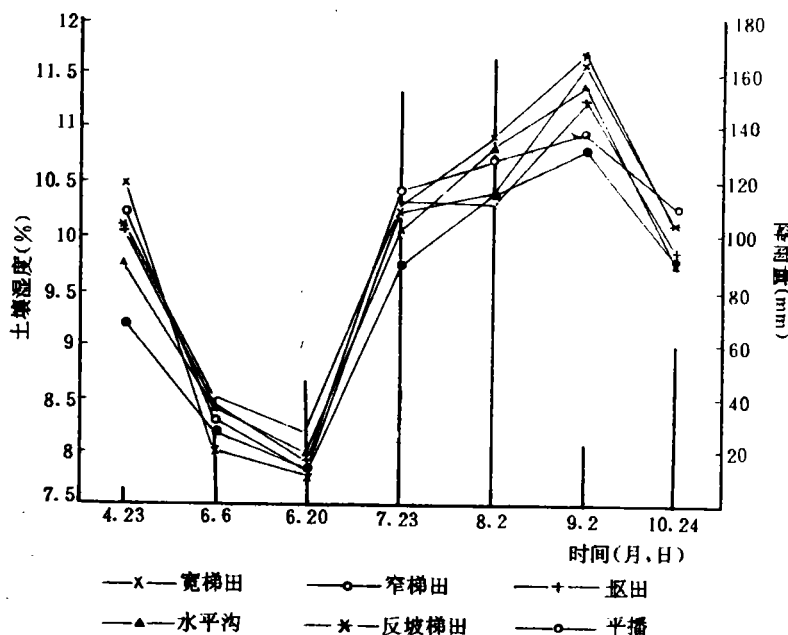


图4 坡地不同耕作法土壤水分测定结果

表5 不同耕作法水分利用与平衡

处理	播前 贮水 (mm)	收后贮 水量 (mm)	生育期 降水量 (mm)	径流 (mm)	作物 耗水量 (mm)	产量 (kg/hm ²)	水分利 用效率 (kg/mm)	位次	水分平 衡值
平播	244.5	259.9	428.8	41.2	372.2	58.1	0.15	4	15.4
水平沟	258.8	259.1	428.8	14.2	414.3	68.5	0.16	3	0.3
反田	266.8	261.7	428.8	25.9	408.0	41.8	0.10	6	-5.1
隔坡梯田	267.9	267.6	428.8	15.1	414.0	48.4	0.12	5	-0.3
宽梯田	278.5	268.9	428.8		438.4	81.8	0.19	1	-9.6
窄梯田	271.8	272.6	428.8		428.0	71.8	0.17	2	0.8

1993年谷子5月19日播种,10月17日收获,生育期内降雨428.8mm,从表中可看到(1)生育期内坡地谷子2m 土层土壤水分含量比同期川地玉米水分含量低,变化范围在7%~11%之间,谷子耗水量比玉米耗水量低,产量和水分利用效率都低,(2)收获后土壤贮水量与播种前贮水量基本相等,生育期降雨量基本满足作物耗水需要,土壤水分趋于平衡,生育期降雨量与谷子耗水量基本相等。

1994年又在川地进行谷子水分利用与平衡试验,处理如下,高肥——有机肥5 500kg/hm²,尿素150kg/hm²,磷肥225kg/hm²;5月17日播种,播种方式为垄沟、平播,小区面积33.4m²,重复2次。

播种后5月春旱无雨,出苗受阻,6月22日抽渠水给第Ⅰ处理每hm²浇450mm水后进行了谷苗移栽,第1重复只在缺苗处担水点浇后移栽补苗,客观上形成第2次处理关键时刻浇了一次水,以后正常管理,10月5日收获,试验结果见表6、表7、图5。

表6 川地谷子土壤水分测定结果

时间(月,日)	6.20				7.20			
土层(cm)	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200
低肥平播	7.13	10.34	11.50	11.49	10.49	10.83	10.91	11.76
高肥平播	7.07	10.91	10.33	11.56	10.01	11.26	11.21	11.78
低肥垄沟	9.15	10.59	10.27	11.32	9.71	11.41	10.92	11.67
高肥垄沟	8.34	10.67	10.64	11.59	10.81	10.48	12.51	10.41
裸地	8.53	10.28	10.24	11.06	12.23	11.31	10.26	11.07

时间	8.20				9.20				10.20			
土层	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200
低肥平播	7.69	8.94	10.81	11.74	9.98	9.66	10.84	11.81	12.97	10.87	11.51	11.94
高肥平播	9.95	9.45	9.97	11.20	10.07	10.28	10.95	11.29	13.88	11.66	11.50	12.11
低肥垄沟	9.40	9.95	10.44	10.79	10.99	10.55	9.64	10.82	13.17	10.44	9.61	10.88
高肥垄沟	10.52	10.47	10.92	10.27	10.34	9.47	10.75	10.19	12.13	10.42	11.94	10.89
裸地	11.42	13.46	11.42	13.22	11.39	11.89	10.35	11.44	14.56	12.81	11.56	11.52

表7 川地谷子2m 土层水分利用与平衡

重复	处理	播前 贮水 (mm)	生育期 降水 (mm)	收后 贮水 (mm)	作物 耗水量 (mm)	水分 平衡值 (mm)	产量 (kg/hm ²)	水分利 用效率 kg/mm	位 次
Ⅰ	低肥平播	311.8	364.1	314.4	361.5	2.6	2836.5	0.52	7
	高肥平播	311.8	364.1	329.6	346.3	17.8	3108.0	0.60	6
	低肥垄沟	311.8	364.1	296.6	379.3	-15.2	3601.5	0.63	5
	高肥垄沟	311.8	364.1	301.9	374.0	-9.9	3871.5	0.69	3
	平均	311.8		309.9	366.0		3354.0	0.61	
Ⅱ	高肥垄沟	311.8	364.1	318.9	357.0	7.1	4591.5	0.86	1
	低肥垄沟	311.8	364.1	312.2	363.7	0.4	3511.5	0.64	4
	高肥平播	311.8	364.1	304.0	371.9	-7.8	3961.5	0.71	2
	低肥平播	311.8	364.1	303.2	372.7	-8.6	3601.5	0.64	4
	平均	311.8		309.6	366.3		3916.5	0.71	

从本试验我们可以得到与1993年传统耕作法相似的结论。另外可以看到(1)裸地因Ⅰ只有蒸发无作物蒸腾耗水,因而在相同时间内2m 土层含水量比垄沟、平播种植高;(2)第2重复因春浇30mm 水后补苗,因此,产量、水分利用效率比第一重复高;(3)垄沟种植比平播种植产量高15.3%,水分利用效率提高0.08kg/mm;(4)高肥处理小区亩产比低肥小区提高14.61%,水分利用效果提高0.07kg/mm;(5)本试验是种在川地,因而比1993年坡地谷子产量、水分利用效率高5~6倍。

2.4 黄豆水分利用与平衡

1994年我们连续在坡地传统耕作法试验地布设了黄豆水分利用与平衡试验。品种为美国307,5月6日播种,1hm²施尿素75kg,磷肥375kg,10月2日收获,当年黄豆生育期内虽降雨364mm,但分配不均,播种后一直旱到6月22日才降雨8.7mm,严重影响黄豆出苗和苗期生长,密度不够,使产量、水分利用效率都偏低,但仍能看到,宽梯田产量,水分利用效率还是第一位,而水平沟种

植几乎达到了和宽、窄梯田一样的产量、水分利用效率。隔坡梯田、反田因只有50%的种植面积,所以产量也只有其它处理的一半左右,但从水保效益来看,它们仍不失为切实可行的水土保持耕作法,本试验结果列于表8、表9、图6。

从表和图仍可看到,播种前2m土层土壤贮水量与收获后几乎相等,生育期降雨量与黄豆耗水量几乎相等;整个生育期各处理2m土层上下土壤含水量变化不大,变幅大部分在8%~11%之间。

3 结论与讨论

通过上述多年、各项试验研究,对

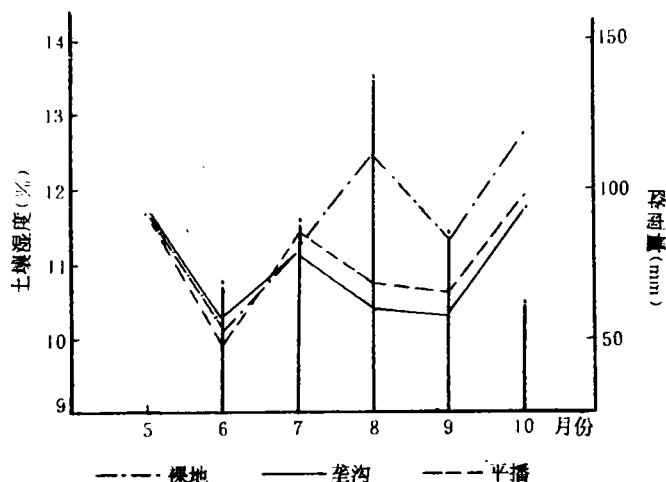


图5 谷子土壤水分动态

陕北丘陵沟壑区主要农作物农田土壤水分利用与平衡这一重要论题,从总体上讲,我们可以获得以下结论:

(1)在作物生育期内,2m土层土壤水分受自然降雨影响甚大,其变化趋势与自然降雨量一致而稍有滞后现象。

(2)在作物生育期内,每次测定相同处理的土壤(2m)上下层间土壤湿变化差异不明显,表明黄绵土土壤水分整体移动性强。

(3)在降雨量正常年份,各农作物收获后2m土层土壤水分与播前几乎相等;农作物耗水量与生育期降雨量几乎相等;土壤水分收支基本平衡,这表明丘陵沟壑区作物耗水全部或绝大部分来自自然降雨,土壤供水极少,土壤只对降雨起调节与再分配作用。

(4)同年生育期内自然降雨量相同,但由于作物种类、耕作措施、立地条件、降雨时空分配等不同,因而作物的产量、水分利用效率等差异非常显著,高低可差几倍。

(5)在降雨正常年份,经过增加投入,科学栽培管理,主要作物降水生产潜力^[2]是可以实现的,我们1993、1994年川地玉米、谷子试验就是如此,(见表10),而坡耕地实现这一目标还有较大

的,我们1993、1994年川地玉米、谷子试验就是如此,(见表10),而坡耕地实现这一目标还有较大

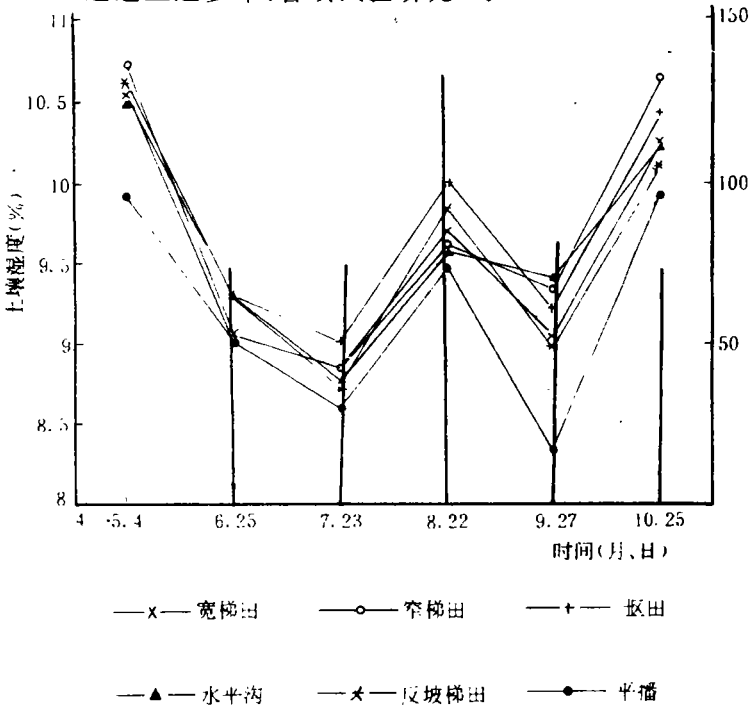


图6 不同耕作法水分动态

距离。

根据试验和结论,我们再来讨论下列问题:

表8 不同耕作法水分测定结果

时间(月.日)	5.4				6.26				7.23			
土层(cm)	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200
宽梯田	10.10	11.36	11.34	8.72	8.25	9.47	9.90	8.63	7.55	9.03	9.22	
窄梯田	10.44	11.23	10.62	10.28	8.88	9.01	8.98	9.27	7.55	9.03	9.22	9.61
反坡梯田	10.93	11.94	10.67	8.97	8.19	9.72	9.77	9.41	6.47	9.01	10.17	9.26
水平沟	10.22	11.40	10.80	9.57	9.35	8.47	9.85	7.52	8.88	9.10	9.62	
返田	9.67	11.51	11.06	9.36	8.26	9.33	10.28	8.96	7.98	9.22	10.14	9.01
平播	11.33	11.55	9.96	9.83	6.80	9.54	8.89	10.24	7.82	9.38	9.09	9.70
时间土	8.22				9.27				10.25			
层(cm)	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200	0~50	50~100	100~150	150~200
宽梯田	11.26	9.28	9.01	9.23	8.69	9.00	8.89	9.58	11.11	10.38	9.94	9.59
窄梯田	11.36	9.44	8.62	9.02	9.05	9.22	9.37	9.66	11.67	11.16	9.84	9.87
反坡梯田	11.20	9.47	9.80	8.88	8.65	9.12	9.28	8.86	10.88	11.04	9.90	8.63
水平沟	12.08	8.51	8.23	9.45	9.56	9.24	9.07	9.75	11.15	10.94	9.21	9.40
返田	11.82	10.21	9.38	8.62	8.51	10.04	9.73	8.59	11.24	10.47	10.84	9.22
平播	11.67	8.68	8.10	9.44	8.56	8.12	8.02	8.58	11.77	10.92	9.62	8.64

表9 不同耕作法水分利用与平衡

处理	生育期 降水 (mm)	播前土 壤水分 (mm)	收后土 壤水分 (mm)	径流量 (mm)	作物耗 水量 (mm)	产量 (kg/亩)	水分 平衡 (mm)	水分利 用效率 (kg/mm)
宽梯田	364.1	265.7	262.7	0	367.1	1055.25	-3	0.190
窄梯田	364.1	272.4	272.4	0	364.1	994.50	0	0.180
反坡梯田	364.1	271.1	258.8	22.38	375.0	310.50	-10.9	0.055
水平沟	364.1	268.8	252.8	18.63	361.5	963.00	2.6	0.180
返田	364.1	266.2	262.3	16.6	351.4	300.00	6.7	0.057
平播	364.1	273.2	262.1	21.38	353.8	600.00	10.3	0.110

表10 水分生产潜力与试验

主要作物	水分生产潜 力计算值 (kg/hm ²)	水分利 用效率 (kg/mm)	实验 产量 (kg/hm ²)	水分利 用效率 (kg/mm)	实现 年份
玉米	7252.5	0.74	7132.5	0.85	1988
			7275.0	1.01	1993
谷子	4180.5	0.63	3991.5	0.71	1994
冬小麦	2862	0.56	1095.0	0.15	5年平均

3.1 丘陵沟壑区不同作物的水分利用

作物种类不同,生理生态特征不同,栽培习性不同,其需水量、水分利用率也不同,据研究,粮田作物需水量变动在200~1 000mm 之间,相差达5倍之多,小麦、大豆、燕麦、大麦等 C₃作物需水量变化在415~700mm 之间,而玉米、谷子、高粱、糜子等 C₄作物需水量变化在210~360mm 之间,但由于 C₄作物有较高效率的光合酶系统,和水分利用能力,因而 C₄作物的水分利用效率比 C₃作物高2.5~3倍。在我们的试验中,玉米(C₄作物)由于是种在水肥条件较好的川、平地,本身又有高大的植株,粗壮的根系,因而它的耗水量、产量、水分利用率在所试验作物中是最高的,黄豆

由于是在坡地上种植,生育期也较短,所以它的耗水量、产量、水分利用效率都是最低的。

3.2 不同作物在不同立地条件下的水分利用

作物不同,对水分利用状况不同;同一作物,种在不同的立地条件,它的水分利用情况也必定不同,立地条件在陕北丘陵沟壑区主要分为川平地 and 坡耕地两大类^[4]。川平地包括川地、沟台地、坝地。这类土地在群山起伏、沟壑纵横的黄土高原,只占10%左右面积,但由于它们地势平坦,交通方便,水肥条件比坡耕地优越,因而产量比坡地可高达5~10倍,是当地群众重要的基本粮田,但随着国民经济的发展,道路,群众住房,乡镇企业的扩建,川平地面临越来越多地被侵占的局面,特别是这两年绿色工程兴起,川平地在一些县大量变成果园,使其面积、数量锐减,为了农业的稳产、高产,我们应十分爱惜、保护川平地这一土地资源。丘陵沟壑区80%以上的土地是坡耕地(包括逐年已修成的梯田),这部分农耕地情况比较复杂,除梯田外,坡地一般交通不便,水土流失严重、土壤肥力低下,水分除作物叶面蒸腾、地面蒸发外,还有暴雨造成的径流水分、养分的损失,使产量水平很低。就连我们试验所种的谷子、黄豆、糜子等亩产都不到100kg。而同年在川地种的玉米、谷子、玉米 hm^2 产7 500kg左右,谷子 hm^2 产也超过了3 000kg,充分体现了川平地的增产优势和相应高的水分利用效率。当然通过人工或机器修成的新老梯田,由于其耕作管理相应方便,能进行垄沟种植,再加上其减少、防止水土流失的巨大作用,在试验和当地农业生产实践中都显示了比坡耕地增产,再经过不断培肥,梯田必将和川平地一样为农业增产发挥更大的作用。

3.3 作物在不同耕作管理条件下的水分利用

农业生产、作物产量是一个复杂的系统工程,它受到气候、降水、土壤、作物、地形等诸多自然因素和耕作栽培措施、管理水平、社经状况等人为因素的影响。作物产量是这诸多因素矛盾,统一协调作用结果的最终体现。在目前陕北丘陵沟壑区农业生产水平十分落后,作物水分利用率很低的情况下,我们应该充分发挥人为因素的积极作用。增加投入、选用良种、实行科学种田、来改变自然因素的不利方面,变不利为有利、以提高水分利用效率,提高产量、发展农业生产。下面就来分析不同的栽培管理技术措施对作物水分利用的影响。

(1)川平地:田实行垄沟种植,坡耕地实行水平沟种植是比平播种植产量高,水份利用效率高的耕作措施,这已为多年生产实践和试验所证明,也是我们总结推广的水土保持耕作体系的重要组成部分^[4,5]。究其增产原因主要是因为实行垄沟、水平沟耕作,改善了地面微地形,沟垄交错,特别是在坡地,垄拦水、沟蓄水、有利降雨入渗,播种时能豁干种湿,肥料施入沟中,种子种在沟内水、肥集中的地方,利于保墒出苗和苗期幼苗发育。生育期内再经过中耕除草、培土管理、沟垄互换,为根系发育创造了有利条件,利于根系吸收水分,增强了作物抗旱性,提高了有限降雨的利用率,为增产增收奠定了良好的基础。

(2)科学管理:我们已经知道,丘陵沟壑区自然降雨基本已能满足作物耗水要求,收获后与播种前土壤水分基本相等,只是由于降水在生育期内分配不均,与作物生长不同步,再加上土壤肥力不足和其它自然灾害,才使农业生产水平低而不稳。所以我们根据自然降雨、土壤水分和当时作物生长情况,通过栽培管理措施来调节和改善土壤水分,保证作物正常生长发育,是十分重要而关键的措施。这首先要做到,夏秋季作物收获后及时深耕蓄墒,早春顶凌耙耱保墒,防止水分蒸发,作物要适期播种,保证苗全苗壮,产量才有保证。再就是当作物遇到干旱时,想办法予以补水灌溉,对于增产增收是至关重要的,象我们1994年川地谷子试验,仅一个浇水补苗措施,就提高了16.8%的产量和0.08kg/mm的水分利用率。

(3)增加投入、增施肥料:增施肥料,N、P配合特别是增施有机肥,可以改良土壤,提高土壤

蓄水能力,使降水应能实现的潜在生产力转化为现实生产力。据研究在同样的水分条件下,土壤肥力越高,以肥调水,作物利用的水分越多,植株生长越健壮茂盛,地面覆盖度相应增加,地面蒸发减少,作物本身蒸腾加大,使水分用于植物本身,提高水分利用效率,见表11^[6]。1994年我们川地的谷子水分产量潜势试验也是如此,从表7可以看到,不论是垄沟还是平播种植、高肥处理的产量,水分利用效率都比平播高,再一次证明在当前陕北丘陵沟壑区生产水平、水分利用效率不高的情况下,增施肥料仍是增加产量,提高水分利用效率的有效途径。

表11 施肥对产量、水分利用效率的影响

作物	施肥方法	耗水量(mm)	产量(kg/hm ²)	水分利用效率(kg/mm)
谷子	深施 N、P	374.8	2673.0	0.48
	浅施 NP	318.3	1689.0	0.35
	不施	328.1	1231.5	0.25
糜子	深施 NP	331.9	2277.0	0.46
	浅施 NP	312.1	1528.5	0.33
	不施	304.1	1329.0	0.29

4 建议

为了发展陕北丘陵沟壑区农业生产,提高作物水分利用效率,依据上述研究和分析,最后我们建议当地一定要:(1)控制人口,爱护、保护现有耕地,特别是川平地;(2)兴修梯田,实行水土保持耕作;(3)增加投入,增施有机肥、化肥;(4)创造条件,发展灌溉。

本文承韩仕峰研究员审阅指正,特致谢意!

参考文献

- 1 中国科学院黄土高原科学考察队. 中国黄土高原耕地坡度分级数据集. 海洋出版社, 1990
- 2 山仑等主编. 黄土高原旱地农业的理论与实践. 科学出版社, 1993
- 3 中国科学院水土保持研究所主编. 土地资源及生产力研究. 科学技术出版社, 1991
- 4 卢宗凡等主编. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究. 天则出版社, 1990
- 5 苏敏等. 黄土丘陵区不同种植方式水保效益的分析评价. 水土保持通报, 1990, (4)
- 6 陶毓汾, 韩仕峰等著. 中国北方旱农地区水分生产潜力及开发. 气象出版社, 1993