

渭北旱塬雨水的集蓄及补灌与高效利用

杨新民 李怀恩* 张岁岐

(中国科学院水土保持研究所 陕西杨陵 712100)
水利部

(* 西安理工大学水利水电学院 710048)

摘要 渭北旱塬水资源贫乏,但相对而言,降水量却比较丰富,年平均550 mm,是地表水的13.1倍,且有天然集流条件,可就近拦蓄利用,也可用于农业节水微灌,其增产效益可达20%~50%,水分利用率可达0.8 kg/mm,故潜力巨大,前景广阔。

关键词 渭北旱塬 雨水集蓄 高效利用

Study on Rainwater Catchment and Replenish Irrigation and Efficient Use in Weibei Dry-plateau

Yang Xinmin Li Huaien* Zhang Suiqi

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

(* Xi'an University of Technology Xi'an 710048)

Abstract Water resources is shortage in Weibei dry-plateau, but rainwater is rich, the precipitation is about 550 mm in average. The mean rainwater is 13.1 times of the ground water resources. And the rainwater is easy to be harvest and piped. If the water of cellar or cistern could be used in micro irrigation, it could increase crop yield by 20%~50%, the water use efficiency could be 0.8 kg/mm. So the rainwater harvesting and using is of great potential and broad prospects.

Key words Weibei dry-plateau rainwater catchment efficient use

1 引言

干旱缺水是黄土高原最普遍、最突出的问题,陕西渭北旱塬因地形不平、降水多变,地表径流极不稳定且含水量高,地下水资源贫乏且埋藏深,因此仅依靠常规的水资源开发途径解决本地区的缺水问题,在经济上和技术上都有一定的困难,故目前不仅75%以上的耕地为靠天种植的旱

地,而且尚有数10万人。畜饮水问题未能解决,因此研究开发利用雨水资源已迫在眉睫,它已成为该区提高土地生产力和促进经济发展与改善生存环境的关键问题之一。雨水的集蓄利用是通过修建小型的集雨蓄水工程对降水进行收集、汇流、储存并补充灌溉农作物,使其高效利用的系统工程,是一个集、蓄、用的完整体系。

2 研究地区的环境条件

2.1 自然概况

渭北旱塬位于陕西关中平原以北,陕北丘陵沟壑区以南,东临黄河与山西为界,西抵陇山和甘肃为邻。全区包括五个地(市)区的23个县(市),总土地面积3.38万 km^2 ,耕地100万 hm^2 ,人均耕地0.27~0.33 hm^2 ,是陕西省经济发展的主要战略地带。这里不仅是主要粮食产地之一,还有驰名中外的果品及烤烟等支柱产业,但本区水资源严重不足,全区共有水资源15.2亿 m^3/a ,其中地表水13.3 m^3 ,地下水9.2亿 m^3 ,重复水7.3亿 m^3 ,1 hm^2 平均耕地水量仅1515 m^3 ,是全国平均水量的5.8%,在全国处于较低水平。

2.2 降水特征分析

渭北旱塬丘陵区的降水资源相对较丰富,全区多年平均降水550mm,折合雨水资源量787.8亿 m^3 ,扣除对地表水与地下水的补给量,剩余雨水资源量为174.5亿 m^3 ,是地表水资源量的13.1倍,且有天然的集流条件(75%以上的土地为起伏与倾斜的地形),能就近拦蓄利用,因此,研究开发利用雨水资源,对提高该区土地生产力和促进经济持续发展与改善生存环境个有重要的现实意义。

据各站水文资料分析,各雨量站的降水变差系数 CV 比较接近,在0.20~0.28之间,各站的 C_s/CV 均为2。降雨主要集中在5~10月,占全年降水量的70%~90%。区内主要雨量站日降水量5mm和10mm的多年平均天数分别在30~35d和16~21d之间(见表1)。

表1 渭北旱塬主要站多年平均降水日数统计

县 名	陇县	千阳	凤翔	长武	旬邑	永寿	淳化	洛川	富县	宜川
5 mm	33.3	35.4	33.6	35.0	31.0	34.0	33.0	35.0	31.0	30.0
10 mm	18.6	20.2	19.0	21.0	21.0	21.0	20.0	20.0	20.0	16.0

2.3 可利用雨量分析

这里主要分析天然状态(即不对地表面进行处理)下的可利用雨量。实质上就是降雨期间扣除植物截留、填洼和下渗损失后的雨量,即净雨量或产流量。

根据各地市水文手册,我们对渭北旱塬各县可利用雨量进行了分析计算,其结果见表2。其可利用雨量与径流深很接近,说明其分析结果是合理的。

2.4 不同土地类型降水分配规律

根据我们对千阳、彬县、长武、淳化、澄城、富平、洛川、宜川、铜川等地土壤水分测定的结果表明,在降水后,坡地纳水率为34.6%~76.2%,平地由于汇流作用纳水率达89.4%~147.5%;降水一日后蒸发量高达17.6%~52.8%,总体而言,56.3%的降水量为土壤水库所接纳,19.2%的降水由坡面径流进入平缓地土壤中,24.5%的降水被蒸发掉。由此可知,坡地对降水资源利用率

比较低, 不足 50%。

表 2 渭北旱塬各县可利用雨量分析 (多年平均情况)

县 名	降水量/mm	径流深/mm	径流系数	可利用雨量/mm
陇县	650~ 800	100~ 200	0.15~ 0.25	100~ 200
千阳	650	80~ 100	0.12~ 0.15	80~ 100
宝鸡	650~ 750	60~ 200	0.09~ 0.27	60~ 200
凤翔	650	60~ 80	0.09~ 0.12	60~ 80
麟游	650	80~ 100	0.12~ 0.15	80~ 100
长武	550	40~ 50	0.08~ 0.10	44~ 55
彬县	550~ 600	40~ 70	0.08~ 0.11	44~ 66
旬邑	550~ 650	50~ 80	0.09~ 0.13	50~ 85
永寿	600	60~ 70	0.10~ 0.11	60~ 66
淳化	560~ 630	60~ 70	0.10~ 0.12	56~ 76
耀县	600~ 650	60~ 80	0.10~ 0.12	60~ 78
铜川	600~ 650	50~ 80	0.07~ 0.12	42~ 78
宜君	600~ 650	50~ 80	0.10~ 0.12	60~ 78
富平	550	25~ 50	0.05~ 0.09	33~ 49
白水	560~ 600	30~ 75	0.07~ 0.13	40~ 54
蒲城	500~ 600	15~ 30	0.05~ 0.07	25~ 90
澄城	500~ 600	25~ 100	0.05~ 0.15	25~ 90
合阳	500~ 600	25~ 100	0.05~ 0.15	25~ 90
韩城	600~ 650	50~ 100	0.09~ 0.15	54~ 98
黄陵	600~ 650	35~ 75	0.06~ 0.10	36~ 65
洛川	600	27~ 40	0.05~ 0.06	30~ 36
富县	600	25~ 30	0.05~ 0.07	30~ 41
宜川	570~ 600	30~ 75	0.05~ 0.09	29~ 54

2.5 土壤水分动态变化

据我们对不同区域土壤水分监测分析, 土壤水分存在着 4 个周期性动态变化规律: 上年 10 月中旬至翌年 3 月上旬处于相对稳定期; 3 月中旬至 5 月上旬为缓慢蒸发期; 5 月中旬至 6 月下旬为大量蒸发期, 7 月上旬至 10 月上旬为土壤水分恢复期。在这种土壤水分环境中, 正常年份种植各种作物土壤水分亏缺为 48.6~ 132.5 mm, 干旱年则亏缺更多。尤其夏田作物在 5、6 月大量需水时降水少, 难于满足要求, 造成产量低而不稳。雨水的集蓄、补充灌溉, 恰好可以缓解降水不足不匀的矛盾, 把农田休闲期间的降水“集中”到作物生长关键期补充灌溉, 可将丰年的水用于旱年, 丰季的水用于旱季, 非生产地与非生产季节(休闲)的水用于生产地和生产季节, 既可减少雨水径流与休闲季蒸发的无效损失, 又可在作物缺水矛盾最突出的时候给予最必要的补水, 从而达到节水增产, 降雨增效的目的, 大大提高对雨水资源的利用率和利用效率。

3 雨水集蓄与高效利用体系组成

雨水资源化的过程就是集水、蓄水、用水的过程。我们把治理水土流失的方略灵活运用, 把就地入参与异地拦蓄相结合, 通过在大面积上用生物工程措施拦截、分散径流与局部地段上将不可避免的径流加以集中(富集)相结合, 把汇流与农业利用相结合, 寓防于用。雨水集蓄系统主要由田间工程措施、集水体系、抗旱耕作技术组成。

3.1 集流面

集流面是经人工整修用以产生径流的场地。集流面的选择应结合考虑各地的条件、经济能

力、集流目的等多种因素,灵活地确定适宜当地实际情况,可采用砣、机瓦、石棉瓦、水泥土、黄土夯实、滴膜、聚乙烯薄膜等材料,也可就地利用公路路面、草地植被等自然地形条件来进行,但不同的材料其集流效率相差甚大(另见有关资料)。

3.2 蓄水系统

蓄水设施常用的有水窖、水池、涝池、塘坝及沟道骨干工程等,近年来尤以水窖发展最快,应用范围最广。其形式已由传统的红胶泥抹面水窖发展到砣薄壳水窖。它是集蓄雨水系统的核心,在此我们推荐采用砣球形窖和砣薄壳柱形窖,这是两种结构更趋合理、施工方便、可靠实用的形式。

设计水窖时,可按5年一遇最大60日5mm降水量来考虑,30~50 m³容积的水窖较为经济合理,其集流面积140 m²左右。窖太多,造价高,长期集不到水造成浪费;水窖太少,一般降水年份出现弃水,集水效率低,使有限的雨水资源不能充分利用。

3.3 田间补灌设施

在修建水窖时,应尽可能利用地势落差,在水窖底部20 cm以上处,埋设直径50 mm的放水管,安装闸阀,以便取水。若地势高差达不到要求,可采用手压泵或小型两相水泵取水。根据水窖实际蓄水量,以及作物、土壤、天气等条件,设计配套的田间小型滴灌或微喷灌工程设施,使收集的雨水充分发挥作用。

如富平县底店乡,利用流曲—底店的公路面集流(10°以上的坡度),在路两旁一次修水窖40多眼,使该村农民一户一窖(个别户两窖)一块果园0.07~0.14 hm²,5 mm降水即可产流。集蓄,一户配备一台两相小水泵(流量8 m³/h,扬程30 m),根据地形条件及经济状况,分别布设了穴灌、滴灌、微喷灌、大喷和孔管式微灌带,投资6 000元/hm²左右,1~2 a增产的苹果即可收回成本,群众积极性非常高。

4 雨水高效利用潜力评价

雨水高效利用系统包括:合理施肥技术、科学补水技术等,目的在于用好库水、土壤水和雨水,建立高效农业体系。

4.1 雨水资源利用现状及潜力

雨水降落到地表面以后,有如下三个去向:一是形成地表径流,二是土壤深层渗漏,三是转化成土壤水后变成地面蒸发和作物蒸腾。富平县东新村多年平均降雨量527.2 mm,据估算:年地表径流量约30~50 mm,作物有效蒸腾约250 mm左右,不足雨水资源量的50%(深层渗透可忽略不计),其余部分全部损失于地表蒸发,因此有较大潜力可以挖掘。

根据东新村大范围的调查结果,旱地小麦的产量及ET平均值分别为3 073.5 kg/hm²和305 mm,水地小麦的产量及ET平均值分别为5 917.5 kg/hm²和543.3 mm;玉米的产量及ET分别为6 627 kg/hm²和505 mm。目前生产水平下,旱地作物的产量与ET产量成正相关,因此凡能增加作物ET(特别是作物有效蒸腾)的措施皆可增加旱地产量及WUE。从上述分析可以看出,东新村乃至整个渭北地区雨水利用尚不充分,据我们试验资料:在东新村通过合理的综合农艺措施,旱地冬小麦的产量可以达到5 925 kg/hm²左右,雨水利用率可以提高到70%左右,WUE可达到0.8 kg/mm。

4.2 提高雨水利用率的途径与技术

雨水利用率= 雨水收存率 \times 农田水分消耗率 \times 作物蒸腾占农田耗水比率 \times 作物水分利用率

在一定的雨量条件下, 若使上式右端各项逐渐达到最大值, 即可使雨水利用效率达到最高。因此提高雨水利用率的途径和技术措施是:

第一, 强化降雨就地入渗拦蓄与抑制土壤物理蒸发的能力, 最大限度将地表径流集蓄起来, 用于时空调节与补充灌水。通过“坡改梯”和覆膜技术, 增加就地入渗和减少蒸发损失。我们在富平对冬小麦的研究发现, 拔节期补灌 $60\sim 90\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 可显著提高其产量、WUE 和 ET, 特别是由于促进了根系扩展增加了作物对土壤贮存雨水的利用率, 使得有限灌溉与不灌相比, 土壤耗水增加 16.5 mm , 与充足灌溉相比, 土壤耗水增加了 32.3 mm 。

第二, 包括养分供应在内的优化栽培, “薄改肥”、“旱改水”等措施。如在低产条件下(产量低于 $2\,250\text{ kg}/\text{hm}^2$) 通过合理施肥, 产量可提高 57% , ET 增加 8% , 而 WUE 增加了 49% , 同时提高作物对土壤贮水的利用程度; 中产条件(产量高于 $3\,000\text{ kg}/\text{hm}^2$), 据富平县东新村资料, 合理施肥后, 产量提高 60% , ET 增加 18% , 而 WUE 增加了 39% 。据我们在其它地区试验资料, 秸秆和地膜覆盖有明显节水增产效果, 能使 WUE 提高 $7.4\%\sim 21\%$; 小麦休闲期覆盖, 可使同期降水量的 76% 保蓄在土壤中, 而对照情况下仅为 48% 。另外深耕可打破土壤犁底层, 使降雨形成地表径流蓄积于土壤中。

第三, 从长远看来, 抗旱高产品种的选育则是进一步提高雨水利用效率的潜力所在。据我们对 18 个冬小麦品种比较试验, 发现各品种间 WUE 存在明显差异。从单叶水平看, 最高为 $3.2\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, 最低为 1.92 , 相差达 67% , 单叶 WUE 高的品种依次为陕 7859、晋麦 33、小偃 6 号、泰山 1 号、丰产 3 号、宁冬 1 号等。另外从全生育期看, WUE 也存在品种间差异, 高低相差达到 44% 。

5 结 语

渭北雨水利用仍有较大潜力, 目前旱地雨水利用率不足 50% , 利用效率约 $0.65\text{ kg}/\text{mm}$, 灌溉地更低。近期内通过综合运用以上各项技术, 将上述参数分别提高到 $60\%\sim 70\%$ 和 $0.8\text{ kg}/\text{mm}$ 是可能的, 这样, 即可促进旱作产量的提高, 又可减少灌溉地的用水量, 无疑是充分利用降水资源的有效途径。

在高效利用方面, 把水土保持与集蓄水利用相结合, 把覆盖技术、改造地形与微灌技术相结合, 已产生了显著的经济效益和社会效益, 但在创造高效节水用水技术上, 包括作物需水规律、关键期下限补水量的确定、微灌水肥的协调应用等方面, 还应进一步深入研究, 逐步发展提高, 使该项研究技术真正成为丘陵山区农民开辟高效与小康之路。

参考文献

- 1 鲁向平等著 陕北、渭北农业经济研究 西安: 地图出版社, 1993
- 2 吴普特 集流灌溉农业的发展现状与存在问题 山区可持续发展相关理论 北京: 中国林业出版社, 1997
- 3 黄占斌, 山仑等 雨水利用与水土保持和农业持续发展 水土保持通报, 1997, 17(1)
- 4 张光辉等 雨水集流用水窖的主要类型及其效益 水土保持通报, 1997, 17(6)