

# 提高渭北旱塬雨水利用潜力的技术途径分析

张岁岐 山 仑

(中国科学院 水土保持研究所 陕西杨陵 712100)  
(水利部)

**摘 要** 根据东新村资料对渭北旱塬雨水利用现状和潜力进行了分析评价,提出了渭北旱塬提高雨水利用潜力应采取的技术途径。认为提高雨水利用潜力应采取综合技术途径,合理施肥、选用抗旱节水品种、应用化学制剂、雨水汇集用于补充灌溉、增加地面覆盖和深耕等栽培措施在当前提高渭北旱塬雨水利用率和利用效率方面有重要作用。

**关键词** 渭北旱塬 雨水潜力 技术途径

## The Analysis on Technical Approaches to Raise Rainfall Use Potential in Weibei Dry Plateau

Zhang Suiqi Shan Lun

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

**Abstract** Based on the data from Dongxin station, the situation and potential of rainfall use in Weibei dry plateau were analysed and evaluated. The technical approaches to raise rainfall use potential were presented. Author pointed out the comprehensive technical approach should be adopted to raise the rainfall use potential. In recent, rational chemical fertilizer application, selection of variety with drought resistance and water saving, application of chemical agent, rainfall catchment and limited irrigation, increase of soil surface coverage and deep tillage play an important role in raising rainfall use rate and rainfall use efficiency.

**Key words** Weibei dry plateau rainfall use potential technical approach

渭北旱塬位于黄土高原东部,总土地面积 3.38 万 km<sup>2</sup>,耕地 100 万 hm<sup>2</sup>,是陕西乃至西北地区重要的粮食生产基地。光、热、土地资源丰富,但水资源严重不足限制了其潜力的发挥,也影响了区域国民经济的发展。近年来,果树、蔬菜等作物面积有较大发展,更加剧了水资源供需之间的

矛盾。据统计,全区共有水资源  $15.2 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$ ,其中地表水  $13.3 \text{ 亿 m}^3$ ,地下水  $9.2 \text{ 亿 m}^3$ ,重复水  $7.3 \text{ 亿 m}^3$ ,平均  $1 \text{ hm}^2$  耕地水量仅  $1515 \text{ m}^3$ ,75%以上的耕地为旱地。然而渭北旱塬地区的降水资源却相对丰富,多年平均降水量  $550 \text{ mm}$ ,折合水资源量  $787.8 \text{ 亿 m}^3$ ,扣除对地表水与地下水的补给量,剩余雨水资源量约  $174.5 \text{ 亿 m}^3$ ,是地表水资源量的 13.1 倍。因此提高渭北地区雨水利用潜力研究对提高农田生产力无疑具有重要的现实意义,下面就根据我们在富平县东新基点的资料对提高渭北旱塬雨水利用潜力的技术途径做一分析。

## 1 雨水利用现状及潜力

### 1.1 试验区东新村的基本情况

东新村位于陕西富平县城南约  $2 \text{ km}$  处,有土地面积  $400 \text{ 余 hm}^2$ ,人均  $0.1 \text{ hm}^2$ ,土质为**±壤土**和黄绵土,土地资源相对紧缺。属温带大陆性季风气候区,常年太阳辐射  $5187.4 \text{ MJ/m}^2$ ,日照时数  $2389.9 \text{ h}$ ;常年平均气温  $13.1^\circ\text{C}$ , 0 活动积温  $4906.5^\circ\text{C}$ ,一年中适宜于作物生长的时间较长,光热资源丰富。同时东新村又属严重缺水地区,常年缺水量约  $45 \text{ 万 m}^3$ ,严重制约了光热资源潜力的发挥。雨水是东新村农业用水的主要来源之一,常年降水量  $527.2 \text{ mm}$ ,但年降水变率大,季节分配不均,6~9月降水占年降水量的 60%;年内  $0.1 \text{ mm}$  降水日数为  $87.5 \text{ d}$ ,而  $5 \text{ mm}$  降水日数仅  $29.3 \text{ d}$ ,降水有效日数少,导致降水有效性差,使得降水利用率非常低下。

### 1.2 雨水资源利用现状

雨水降落到地表以后,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通过地面蒸发和作物蒸腾回到大气。试验区东新村多年平均降雨量  $527.2 \text{ mm}$ ,据估算:年地表径流量约  $25\sim 50 \text{ mm}$ ,径流系数  $0.05\sim 0.09$ ;作物有效蒸腾约  $250 \text{ mm}$  左右,不足雨水资源量的 50%(深层渗漏可忽略不计),其余部分或以地表蒸发的形式损失掉或由于作物对深层水分利用不足而储存于深层土壤中,因此,尚有较大潜力可以挖掘。造成雨水利用效率低下的主要原因在于:<sup>①</sup>作物休闲期间雨水的保存和利用不足,目前东新村的农业复种指数约为 1.40,夏秋大部分农田处于休闲期,而此期又是主要的降水期,降雨量约占全年降雨量的 60%以下,同期降雨量的 60%~80%以无效蒸发的形式损失掉;<sup>②</sup>作物生育期的土壤水分蒸发量偏大,雨水转化为土壤水后的散失包括蒸腾、蒸发两部分,其中无效蒸发可达到生育期耗水的 50%左右,以棵间蒸发的形式损失掉。另外,东新村  $< 5 \text{ mm}$  降水日数达到  $58 \text{ d}$ ,占总降水日数的 66%,这些降水几乎全部以无效蒸发的形式损失掉;<sup>④</sup>由于各种原因(施肥、耕作等)导致作物对储存在土壤深层的雨水利用不足;<sup>④</sup>不同作物的耗水强度不同,导致其对雨水利用能力的显著差异。

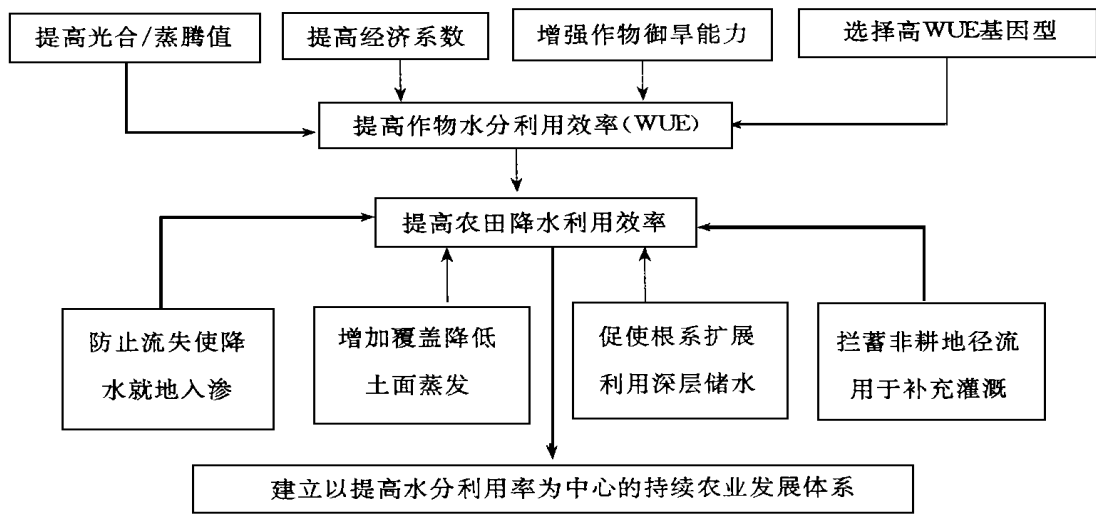
我们在东新村大范围内的调查结果表明,旱地冬小麦的产量及耗水量 ET 平均值分别为  $3073.5 \text{ kg/hm}^2$  和  $305 \text{ mm}$ ;水地冬小麦的产量及 ET 值分别平均为  $5467.5 \text{ kg/hm}^2$  和  $543.3 \text{ mm}$ ;玉米的产量和 ET 值分别为  $6627 \text{ kg/hm}^2$  和  $505 \text{ mm}$ ,普遍偏低。而在目前生产水平下,旱地作物的产量与耗水量之间成显著正相关关系,耗水量 ET 值越大,作物产量越高。我们的研究表明,作物的耗水量是一个变量,因环境而异,且其变化有一定规律,栽培因素(品种、施肥、耕作、栽培技术等)的影响相当大。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作物的产量和水分利用效率,有利于充分挖掘该区域的雨水利用潜力。

从以上分析可以看出:东新村乃至整个渭北旱塬地区雨水利用尚不充分,开发程度尚不足

50%。根据我们的试验资料: 在东新村通过合理的综合栽培措施, 旱地冬小麦的产量可以达到  $5\,925\text{ kg}/\text{hm}^2$  左右, 雨水利用率可以提高到 70% 左右, 作物水分利用效率 WUE 可以达到  $12\text{ kg}/(\text{mm}\cdot\text{hm}^2)$  以上。

## 2 提高渭北旱塬雨水利用率和利用效率的途径与技术

通过试验研究和分析, 我们认为: 提高渭北旱塬雨水利用率和利用效率应当最大限度地提高下述比率: 土壤贮水/降水、ET/耗水量、蒸腾量/蒸发量、经济产量/生物学产量。针对渭北旱塬的实际情况, 为提高农田降水利用率, 应结合上述原则在技术上努力作到: ① 减少地面水分流失; ④ 防止土面蒸发; ④充分利用深层土壤贮水;  $\frac{1}{4}$  汇集非耕地径流用作补充灌溉;  $\frac{1}{2}$  提高作物本身水分利用效率 WUE, 其相互关系可用图 1 表示。



根据我们的试验研究可采取如下具体措施:

### 2.1 合理施肥

在低产条件下(产量低于  $2\,250\text{ kg}/\text{hm}^2$ ), 通过合理施肥, 作物产量可提高 57%, ET 增加 8%, 而 WUE 提高 49%, 同时作物对土壤深层储水的利用程度也大大提高<sup>[1]</sup>; 中产条件下(产量高于  $3\,000\text{ kg}/\text{hm}^2$ ), 据东新村资料, 冬小麦产量提高 60%, ET 增加了 18%, 而 WUE 提高了 39%, 深层土壤储水利用率提高了 25%, 我们的调查表明: 东新村乃至整个渭北旱塬地区普遍存在土壤肥力低下和 NP 比失调问题, 因而, 合理施肥是提高雨水利用的一条重要措施。

### 2.2 选用抗旱节水作物品种

作物种间和品种间 WUE 存在明显差异<sup>[2]</sup>。我们用 18 个小麦品种的比较试验表明: 单叶 WUE 最高为  $3.2\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ , 最低为 1.92, 相差达 67%, 从高到低的次序依次为陕 7859、晋麦 33、小偃六号、泰山 1 号、丰产 3 号、宁冬 1 号等; 从全生育期看, WUE 也存以品种间差异, 高低相差可达到 44%。两年来, 我们在东新村的引种试验表明: 新品种较当地品种产量和 WUE 分

别高出 10% 和 21%, 新品种具有明显节水增产效果。

### 2.3 应用化学制剂

作物生长发育的可调节性, 使化学制剂应用于旱农增产实际成为可能, 我们的研究表明: 施用土壤保水剂、小麦产量可提高 10% 左右; 叶面喷施 CCC(矮壮素) 后, 冬小麦叶片相对含水量可提高 3.0%, 产量可增加  $750 \text{ kg/hm}^2$ ; 我们自己研制的钙赤合剂在东新旱地小麦施用以后, 可增产 8% ~ 15%, WUE 可提高 10%。

### 2.4 雨水汇集用于补充灌溉

渭北旱塬地形地貌复杂、夏秋季暴雨后耕地和非耕地都会产生大量雨水径流, 将这部分雨水汇集起来以后可用于补充灌溉, 从时间和空间上改变了雨水的分布, 大大提高了雨水利用效率。我们在小麦上的研究发现, 拔节期补灌  $600 \sim 900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 可显著提高小麦产量、ET 和 WUE, 特别是由于补灌促进了根系扩展增加了作物对土壤贮存雨水的利用, 补灌与不灌水对照相比, 土壤耗水增加了 16.5 mm, 与充分灌水相比, 土壤耗水增加了 32.3 mm。东新村现有非耕地面积  $104.5 \text{ hm}^2$ , 年径流量 25 ~ 50 mm, 如集流率按 0.5 计算, 则可汇集约 18 mm 径流, 总共可汇集雨水  $4.23 \text{ 万 m}^3$ , 可用于  $56.7 \text{ hm}^2$  土地补灌使用, 产生显著效益。富平底店村修窑窖汇集雨水用于补灌, 已使原来不能灌溉的果园和菜地产生明显效益。

### 2.5 增加地面覆盖和深耕等栽培措施

据我们在其它地区的试验资料, 秸秆覆盖具有明显节水增产效果, 能使小麦的产量提高 7.4% ~ 21%, WUE 提高 3.3% ~ 26.4%, 小麦休闲期秸秆覆盖 0 ~ 2 m 土层可多蓄水 66 mm, 占同期降雨量的 76%, 而对照仅为 47.5%<sup>[3]</sup>。东新地膜小麦试验表明: 覆盖后冬小麦产量可达到  $6000 \text{ kg/hm}^2$ , 较对照增产 30% 以上。深耕是打破犁底层增加雨水入渗的一条重要措施, 据我们的试验结果: 深耕可较浅耕多积 19.0 mm 雨水、土壤孔隙度增加 6.4%, 作物根系量增加 27%, 如果同时结合培肥, 则增产节水效果更为明显。调整农田作物布局实行合理轮作, 是调节作物水分需求关系, 提高农田降水利用率的重要手段<sup>[3]</sup>。据我们的试验研究, 实行合理轮作后, 农田径流量可较对照减少 45% 左右, 大大提高了雨水蓄积量。

## 3 结 论

渭北旱塬地区雨水利用仍有较大潜力可以挖掘, 目前旱地雨水利用率不足 50%, 水分利用率  $9.75 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ , 灌溉地则更低。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% ~ 70% 和  $12 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  是可能的。这样既可以促进作物产量的提高, 又可以减少灌溉地的用水量, 无疑是充分利用区域降水资源和促进经济持续稳定发展的有效途径。

### 参考文献

- 1 彭琳等. 黄土高原旱地施肥的有效条件. 见: 余存祖主编. 土地资源及生产力研究. 北京: 科学技术文献出版社, 1990, 148 ~ 155
- 2 王韶唐. 植物的水分利用效率和旱地农业生产. 干旱地区农业研究, 1987(2): 67 ~ 80
- 3 刘忠民. 提高旱地作物产量和水分利用的综合技术原理. 见: 山仑等主编. 旱地农业的生理生态基础, 北京: 科学出版社, 1998, 381 ~ 401