

# 渭北旱塬降水规律及其高效利用的技术选择

张静

(西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 分析了以合阳县为代表的渭北旱塬降水规律, 结果表明, 渭北旱塬年降水分布符合正态分布, 年降水量达到 450 mm 的概率为 80%; 年降水量时序分布存在 8~10 a 的小周期和 20 a 左右的大周期; 月降水量分布符合方程  $Y = 0.0291x^5 - 0.8737x^4 + 8.9185x^3 - 37.277x^2 + 72.661x - 40.575$ ,  $R^2 = 0.9354$ 。5—10月为 1 a 中的降水主要阶段, 7 月份为月降水量分布的高峰期且月降水量变异系数最小。依据上述研究结果提出 4 条降水高效利用的综合性可选择技术: (1) 以平整土地, 培肥地力为主体的农田基本建设和土壤培肥技术; (2) 以残茬全程覆盖加少耕为主体的蓄、保水和微集水技术; (3) 以微灌、滴灌为主体的果园节水灌溉加生草制或秸秆覆盖技术; (4) 以集水种植和栽植为主体的荒山荒坡综合治理技术。

**关键词:** 渭北旱塬 降水规律 高效利用 技术选择

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2000)02-0028-04

中图分类号: S152.7

## Precipitation Regularity and Its High-efficiency Utilization Techniques on Weibei Highland

ZHANG Jing

(Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry,

Yangling District 712100, Shaanxi Province, PRC)

**Abstract:** The precipitation regularity on Weibei highland is analyzed, and the results are as follows. (1) The annual precipitation was statistically in accordance with normal distribution with a probability of 80% in 450 mm precipitation and eight-year-cycle and twenty-year-cycle in time. (2) The distribution of monthly precipitation follows the equation:  $Y = 0.0291x^5 - 0.8737x^4 + 8.9185x^3 - 37.277x^2 + 72.661x - 40.575$ ,  $R^2 = 0.9354$ . (3) The rainfall events often occurred during May to October a year, the highest rainfall was in July with a low variation. On the basis of the results, four techniques for improving rainfall utilization efficiency are put forward, firstly, basic building of farmland and soil fertilization, secondly, preservation water with less tillage and mulch, thirdly, drop irrigation and micro-irrigation with mulch, fourthly, integrated controls of desolate mountains with rain collection planting.

**Keywords:** Weibei highland; precipitation regularity; high-efficiency utilization techniques

渭北旱塬位于黄土高原东南一隅, 属暖温带半湿润偏旱气候类型区, 海拔 800~1300 m。该区年降水量 450~600 mm, 年干燥度 1.3~1.6, 年平均温度 9~13℃, 年日照时数 1800~2400 h, 年总辐射量  $4.22 \times 10^9 \sim 5.83 \times 10^9$  J/m<sup>2</sup>, 无霜期 150~230 d, 10℃有效积温为 3000~4500℃。就光热资源而言, 可满足农作物一年二熟或二年三熟的生育需要<sup>[1,2]</sup>。然而由于本区年降水量相对少且年际和年内分布不均, 年降水量稳定性差, 年际变异大, 降水量的季节分配与主要农作物生长发育关键需水期不相

吻合; 又由于地表水和地下水资源相对匮乏, 有限的地表水由于地貌复杂而难以利用; 有限的地下水则由于贮层深厚, 常需 100~200 m 以上的深井开采, 投资大, 效能低。目前仅用于解决人畜饮水和部分高经济效益的作物节水灌溉。因而水分资源不足成为该区农业发展的主要限制因素。为了适应 21 世纪农业可持续发展的需求, 本文以合阳县为例研究了本区降水规律, 为寻求降水与光热资源相匹配的最佳途径, 实现降水资源高效利用提供依据。

# 1 降水规律分析

## 1.1 合阳县年降水量分布特征

为了明确合阳县降水的总体分布情况,我们就该县 1962—1998 年年降水量做二项分布散点图(图 1)。由 1 图可见,该县年降水量分布散点相对集中于多年平均值 542.6 mm 线附近。其多雨年和少雨年的

分布在 542.6 mm 线上下配置得较为均衡。统计分析表明:37 a 年降水量值的中数和众数亦趋近于年降水量的算术平均数。上述统计特征值及散点图分布状况表明,合阳年降水量的长期分布具有正态分布曲线的某些特征。为此,我们采用 SAS 软件包对合阳年降水量数据进行处理,以便确定合阳年降水量的分布型,并同时进行了数据分布的正态性检验,结果见表 1。

表 1 合阳县 1962—1998 年年降水量分布统计检验表

特征数	统计值	特征数	统计值	降水最多年	降水量/mm	降水最少年	降水量/mm
平均数 $\bar{X}$	542.60	峰度	0.5260	1983	835.1	1997	322.1
标准差 $s$	109.41	偏度	1.2112	1964	814.9	1986	332.9
变异系数/ $\%$	20.16	全距 $R$	513	1998	682.1	1991	383.6
中数 $Me$	540.10	检验值 $w$	0.9597	1975	680.8	1995	420.9
众数 $Mo$	501.00			1984	664.5	1965	433.5

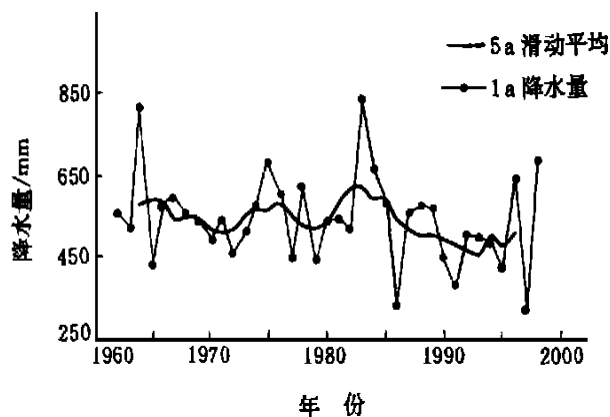


图 1 合阳县年降水量变异及趋势图

由表 1 可见,正态性检验统计值  $W(0 < W < 1)$  为 0.9597,已接近最大值 1,表明所检验样本来自正态分布,具备正态分布曲线的特点。

(1) 从理论上讲,合阳县年降水量  $(\bar{X} - 1S)$  mm 的年份占总体的 84.13%,即合阳县年降水量  $(\bar{X} - 1S)$  mm 的年份占总体的 15.87%。从实际样本资料看,37 a 中年降水量  $433.19 \text{ mm} (\bar{X} - 1S)$  的年份有 33 a,出现概率为 89.19%,高于理论值;而年降水量  $433.19 \text{ mm} (\bar{X} - 1S)$  的年份仅 4 a,出现概率为 10.81%,低于理论值。就是说,从正态分布图看,样本分布的单尾概率低于总体分布理论值  $(\mu \pm 1\sigma)$ 。

(2) 合阳县年降水量分布结果告诉我们:渭北旱塬的年降水量分布在长时序条件下服从正态分布。就是说尽管年降水量在年际间有差异,甚至有明显差异,但在一定的年降水量值的区间内,表现相对稳定。如合阳县年降水量  $450 \text{ mm}$  的年份出现概率为 80%。这是一个有统计依据的可靠结果,它为我们研究降水高效利用技术提供了前提条件。

(3) 上述结论给出一个明确的思路:渭北旱塬降水高效利用技术的研究与应用必须从年降水量平衡利用的角度入手考虑,而不能以年内某季某月的降水量多少而取舍措施。因而,重新认识渭北旱塬因水致旱问题十分必要。年降水量少固然是形成渭北旱塬农业干旱的重要原因,但地力不足是降水无谓耗损、产量低下的结症所在<sup>[1]</sup>。只要我们能够把握关于渭北旱塬降水的这一基本认识,立足区情,确立周年平衡用水的指导思想,加强降水高效利用的技术进步力度,渭北旱塬的降水高效利用就会实现大的突破。

## 1.2 合阳年降水量变化的时序性和变化趋势

对合阳县年降水量进行的二项分布分析,使我们对渭北旱塬年降水量的总体分布特征有所认识和了解。但年降水量分布还具有时序性,这是二项分布不能反映的特性,又是降水利用研究不能不了解的特性。为此,我们对合阳县 37 a 的降水资料进行等距分段统计分析,以求了解年降水量变化的时序分布状况和总体变化趋势(见表 2)。

表 2 合阳县年降水量分段统计分析表

年代	1962—1970	1971—1979	1980—1988	1989—1998
$\bar{X}$	564.4	542.4	572.7	496.5
$S$	105.2	84.2	132.3	111.6
$C_v/\%$	18.64	15.54	23.10	22.48

由表 2 可见,纵观 37 a 之概况,后 19 a 年降水量变异系数大于前 18 a 降水量变异系数,且区间降水量平均值降低 3.5%。由图 1 可见,1983 年是 37 a 中的降水高峰,在高峰期间降水量变异度增大而致上述结果。此外,另一个高峰期在 1964 年。因而从总体上看,合阳县年降水量似有 20 a 的变化周期,但这一结

论需更长时段的样本予以统计推断。

为了阐明合阳县年降水量变化的长期趋势,剔除特异年份对趋势分析的干扰从而突出主要的变化趋势,我们用 5 a 滑动平均法对 37 a 的年降水量资料进行处理,结果见图 1。由图可见,从 37 a 的时序资料看,合阳县的年降水量时序分布还有 8~10 a 的小周期。但这一结论也需更长时段的样本予以统计推断。

### 1.3 月降水量分布特征及变化规律

渭北旱塬地处北方旱区,其地域特殊性决定了其降水的年变化特征与规律不能代替月降水变化的特征与规律。就是说虽然年内月降水量的集合值是年降水量值,但各月降水量的年内和年际变化却有其独有的变化规律和特点。而这些规律和特点对农业生产的影响更为直接因此更为重要。合阳县月降水量分布特征及其变化规律分析研究,结果见图 2。

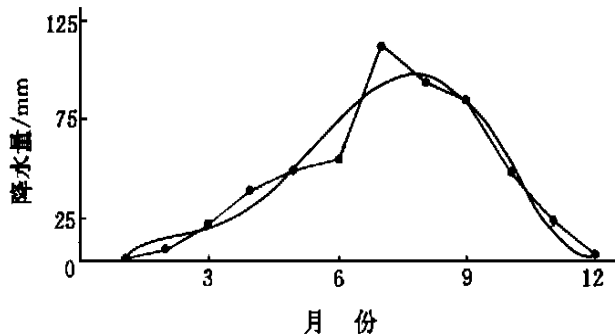


图 2 合阳县月降水量变异图

由图 2 可见,合阳县月降水量的年内分布基本呈偏抛物线状,其拟合方程为:  $Y = 0.0291x^5 - 0.8737x^4 + 8.9185x^3 - 37.277x^2 + 72.661x - 40.575$ , 其决定系数  $R^2 = 0.9354$ 。5—10 月为合阳县 1 a 中的主要降水时期,月降水量 45 mm。其中 7—9 月为集中降水期,月降水变异系数也相对较小。又以 7 月为降水高峰期,月降水变异系数表现最小,即降水量最稳定;值得注意的是 4 月份降水量出现跃升,达到 38.59 mm,月降水变异度也是 1 a 中最小之一。表明合阳县从 4 月份起,月降水量即稳定上升,逐步进入降水高峰期。10 月以后,月降水量即迅速下降,月降水变异系数迅速增大,渭北旱塬进入干燥的冬季风气候。

## 2 降水资源高效利用的技术选择

### 2.1 以平整土地,培肥地力为主体的农田基本建设和土壤培肥技术

国内外的经验都证明,对只能进行雨养农业的旱农区而言,平整土地是降水高效利用的基础性技术措施。先进的旱农国家已开始采用激光调控平整土地,田面的不平整度控制在 10~15 mm,最大限度地减小

蒸发面和降水径流,为提高降水入渗率创造条件。国内的大量典型经验和试验研究结果表明:在同样的降水量条件下,肥沃地与瘠薄地的降水生产能力有悬殊的差异,肥沃的土壤有利于蓄纳与保贮自然降水,达到以肥调水之目的,促使土肥相融、水肥耦合,利于作物高产稳产。

渭北旱塬中低产田占总耕地面积的 80% 以上,持续不断地抓紧抓好中低产田改造和以平整土地,培肥地力为主体的农田基本建设和土壤培肥技术研究与应用,不断强化土肥相融,改善土壤结构,提高水肥耦合效应,增进耕作土体对植物生活要素的调控力度是本区降水高效利用技术的首要选择。

### 2.2 以残茬全程覆盖加少耕为主体的蓄水、保水和微集水技术

经过近 20 a 的农作物结构调整,渭北旱塬已基本形成较为成熟的以冬小麦为主体的种植格局。如合阳县冬小麦种植面积占粮食作物播种面积的 61.1%,而玉米等秋杂粮播种面积仅占 38.9%。针对这种状况,国家旱农试区合阳甘井点提出旱地小麦高留茬全程覆盖高产技术。研究表明,麦草全程覆盖田比传统耕作法保水效果明显提高,0~20 cm 耕层的土壤有效水含量在播种、越冬和返青期分别比对照高 55.9%, 35.9% 和 25.3%,自然降水储蓄率由传统耕作法的 25%~35% 提高到 50%~65%,每 1 hm<sup>2</sup> 净增加有效水 600~1 200 m<sup>3</sup>,净增产 3 414 kg/hm<sup>2</sup>,增产率达 109.7%<sup>[3]</sup>。在渭北旱塬除应重点推广旱地小麦高留茬全程覆盖高产技术为主体的蓄、保水技术外,还应重视农田微集水技术的研究与推广。据国家旱农试区海原点试验,按沟 垄=1 1 方式进行田间地面处理,起拱形垄,垄中高 15 cm,垄上覆盖地膜,构成向种植区的微集水面。这样,在农作物播种至收获期内不仅使 10 mm 的降雨有效地富集到种植区供作物利用,而且使 10 mm 的无效或微效降雨也变成径流富集到种植沟内供作物利用,从而使种植区单位面积的降水量成倍增加,种植沟内的土壤供水能力提高 32.3%~81%。作物的水分利用效率由传统耕作法下的 5.09~5.3 kg/(mm·hm<sup>2</sup>) 提高到 7.13~8.89 kg/(mm·hm<sup>2</sup>)<sup>[4]</sup>。

### 2.3 以微灌、滴灌为主体的果园节水灌溉加生草制或秸秆覆盖技术

进入 20 世纪 90 年代以来,渭北旱塬苹果发展十分迅速,而且果园主要在生产条件较好的旱平地或水浇地上大量扩展。这一事件本身就是区域降水资源高效利用的重大举措。大面积大范围的果林改善了下垫

面状况,创造了局地致雨的小气候条件和适宜的降水高效利用的生态环境。因而稳定苹果面积是本区降水高效利用的有效措施。

在合阳县,“七五”初有苹果园 5 353.33 hm<sup>2</sup>,到“七五”末苹果园就猛增到 20 900 hm<sup>2</sup>,约占总耕地面积的 1/3。在国家试区(甘井点)苹果面积已占总耕地面积的 45%。而且绝大部分果园都有灌溉条件,一般果园年灌水 2~3 次,耗水量约为 2 400~3 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。据牛西午等研究,晋南(半湿润偏旱区)年降水量为 450~600 mm,天然降水量真正能被植物所利用的只有 1/3,与苹果树年需水量的要求差 300 mm<sup>[5]</sup>。可见降水利用效率相当低,研究和推广以微灌、滴灌为主体的果园节水灌溉加生草制或秸秆覆盖技术已为当务之急。甘井试区从 1996 年起试验示范生草制果园,在果树下播种紫云英和白三叶草。每年割 2 茬,有灌溉条件者产鲜草 7.5 × 10<sup>4</sup> kg/hm<sup>2</sup>;无灌溉条件者产鲜草 2.25 × 10<sup>4</sup> kg/hm<sup>2</sup>。刈割的鲜草可喂畜(猪),也可就地作为覆盖物。实践证明,生草制果园充分地利用了自然降水,在不增加投入的条件下,果品产量不降低,质量明显提高,果园耕地得到培肥,还多产了 1.5~2.5 t 豆科牧草,真可谓一举四得。研究表明:根据半湿润偏旱区降水规律和苹果的生长发育特点,在秸秆覆盖条件下(覆盖麦秸或玉米秸 4~6 t/hm<sup>2</sup>) 1 a 渗灌 5 次,每次用水 225 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,年用水 1 125 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,苹果园 100 cm 土体中土壤水分含量比年灌水 3 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 净增产 2.21%,果树枝条的年生长量提高 22.9%,苹果产量提高 25.9%<sup>[5]</sup>。在较为先进的旱农国家,果园实施节水灌溉已为成熟技术。如澳大利亚、以色列和加拿大等高效用水的旱农国家对果园采用根部局部干燥法灌溉,即每行果树安装 2 条滴灌管线,一次只从一边浇水,实行控制性分根交替灌溉,可比普通滴灌节水 50%,产量基本不降低,果品质量还有所提高。

#### 2.4 以集水种植和栽植为主体的荒山荒坡综合治理技术

区域降水资源的高效利用,必须把握从宏观着眼,从微观入手的原则。渭北旱塬土地面积 4.06 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,其中耕地只有 9.09 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,约占土地总

面积的 22.4%,即非耕地面积占总土地面积的 3/4 多。如何利用好这部分土地上的年降水量是区域降水资源高效利用的关键环节。

从大地貌上看,渭北旱塬属黄土高原丘陵沟壑区。其丘陵沟壑面积约占总土地面积的 70%~73%。据黄明斌等研究<sup>[6]</sup>,黄土高原丘陵沟壑区生态子单元的水分小循环特点有如下 3 个方面:(1)从塬面到沟谷,土壤入渗速率逐渐减小,单位面积的径流量逐渐加大;(2)从塬面到沟谷,子单元水分小循环强度逐渐减弱。表现在系统中的总蒸散量逐渐减小,其中植物蒸腾量是减小的,但土壤蒸发量随着土壤含水量的增大而略有增加;(3)从塬面到沟谷,土壤水分环境条件不断改善,表现为活动层年平均含水量逐渐增大。根据这一研究结果,在荒山荒坡的综合治理中应强调集水种植和栽植技术,切实将工程治理和生物治理结合起来进行。对坡度较小的塬面、缓坡略加平整或改造成台田、梯田,种植以豆科牧草为主体的草地植被;对坡度较大的梁峁丘陵则要修整集水面和用水区域,利用雨水空间富集的原理进行降水的叠加利用,种植较高产的豆科牧草或灌木;对坡度 25° 以上的较陡坡面或沟谷,则采用挖建鱼鳞坑系列或蓄水聚肥沟等方式发展林木业,尤其应该发展经济林木或果林,兼顾经济效益和生态效益,实现资源的高效利用。

#### 参 考 文 献

- [1] 信乃谏,王立祥主编.中国北方旱区农业[M].南京:江苏科学技术出版社,1998.
- [2] 中国农业科学院编著.中国北方不同类型旱地综合增产技术[M].北京:中国农业科技出版社,1993.
- [3] 中国农业科学院编著.中国北方旱农区域治理与发展[M].北京:中国农业科技出版社,1997.
- [4] 王俊鹏,蒋骏,韩清芳,等.宁南半干旱地区春小麦农田微集水种植技术研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):8—13.
- [5] 牛西午,周志义,王俊兰.旱地苹果园渗灌补水加覆盖技术研究[J].干旱地区农业研究,1996,14(4):52—55.
- [6] 黄明斌,康绍忠,李玉山.黄土高原沟壑区森林和草地小流域水文行为的比较研究[J].自然资源学报,1999,14(3):226—231.