

# 雨水利用的理论与实践

——对干旱半干旱区农业可持续发展之路的探索

朱 兴 平

李 永 红

(定西地区水土保持科学研究所·甘肃省定西县·743000)

(定西地区水土保持工作总站)

**摘 要** 在我国干旱半干旱地区,干旱是制约农业可持续发展的主要障碍因素之一。通过分析雨水利用的相关问题,讨论了提高农田水分利用效率的途径,在总结已有雨水利用有关理论和技术的基础上,论述了雨水利用与农业可持续发展的关系。指出发展和完善雨水利用研究理论,建立持续农业雨水利用技术体系,并加快成果向现实生产力转化,是干旱半干旱地区农业可持续发展的战略性举措。

**关键词:** 雨水利用 农业可持续发展 干旱半干旱区

## Theory and Practice of Rainwater Use

——Approaches of Sustainable Agricultural Development  
in Arid and Semi-arid Areas

*Zhu Xingping*

*(Dingxi Prefecture Institute of Soil and Water Conservation, Dingxi County, Gansu Province 743000, PRC)*

**Abstract** In China, drought is the main contravariant that restricts the sustainable agricultural development in arid and semi-arid areas. The ways of the effective usage of rainwater for the sustainable agricultural development and the recent achievements both in theory and practical techniques are discussed. Through analyses to the relevant problems, the results suggest that the strategical acts for sustainable agricultural development in arid and semi-arid areas are developing and improving rainwater utilization techniques, establishing the technical systems and speeding up the transformation from research achievements to practical productive forces.

**Keywords:** rainwater use; sustainable agricultural development; arid and semi-arid areas

本世纪80年代中期,出现了一种新的农业发展思潮<sup>[1]</sup>,即“农业的可持续发展”(Sustainable Agricultural Development),其核心思想为:可持续农业是一种不造成环境退化,技术上适当,经济上可行,社会上能接受的农业,其发展既能满足当代人的需求,而又不对后代人满足

其需求的能力构成危害。这一思潮一出现,就得到了许多国际组织和国家政府的积极响应。1992年联合国环境与发展大会制定并通过的《21世纪议程》和1994年3月我国政府制定并通过的《中国21世纪议程》,都把农业的可持续发展列为重要内容和优先发展领域<sup>[2]</sup>。因此可持续农业将是未来世界农业发展的方向和趋势。而对于我国约占国土面积52.5%<sup>[3]</sup>的广大干旱半干旱地区来说,走农业的可持续发展之路,更是其未来发展的自身需要和必然选择。由于以往依靠良种、化肥、农药等支撑的旱作农业已使干旱半干旱地区粮食作物水分生产效率逼近传统旱农研究所界定的峰值,受传统旱农技术的有限性制约,干旱半干旱地区的农业生产一度出现了徘徊不前的局面,这就迫使人们在雨水利用方面另辟新径。围绕干旱半干旱地区降水资源的高效利用,人们进行了许多创造性的理论探索和技术开发。总结这些研究成果,加快成果向现实生产力转化,探索干旱半干旱地区利用雨水资源的途径,对促进该区域农业的可持续发展具有重要意义。

## 1 干旱半干旱区雨水利用的必要性及可能性

### 1.1 从降雨和产流特征上看

干旱半干旱地区降雨偏少,分配不均,初损和无效蒸发严重,供需错位。该区年降水量一般在250~600mm之间,属稳定单向缺水。且降雨的季节分配不均匀,年内6~9月集中了年降雨总量的70%左右。由于受土质组成单一,土层深厚、地下水位较深等影响,在降雨初期雨量下渗损失严重;降雨中后期又易出现超渗产流现象,一部分降雨又以径流形式流失。此外雨后的无效蒸发也很剧烈。由于夏田作物生育期与秋田作物生育中前期均处于低雨量期,雨水供需错位。说明存在对雨水资源进行高效集约利用的需要。

另一方面,干旱半干旱区又具有对暴雨集中,径流洪量较小,洪峰较高的特点。夏季往往受地面热力作用,对流旺盛,受地形成动力抬升,常常发生短历时、高强度的暴雨。因地面植被较差且长期遭受雨水冲刷和风化作用,加之沟壁地势陡峭,暴雨后地表和地下的调洪能力较弱,径流洪量相对较小,洪峰相对较高。这表明在时间和空间上都具有雨水资源集蓄利用的可能。

### 1.2 从气候干旱和土壤干旱的角度看

干旱半干旱区雨水利用的着眼点主要是解决干旱问题。而干旱有气候干旱和土壤干旱之分,前者在天,具有一定的恒定性,目前人力尚无法逆转;后者在地,具有可变性,在某种程度上可以利用人力加以控制。随着科学技术的发展,人力控制土壤干旱的能力正在不断增强。在干旱半干旱区,正常年景下出现的旱灾主要是土壤干旱所致,可通过利用雨水资源人为地加以控制。

### 1.3 从水分的生产潜力看

在干旱半干旱区,雨水资源在2 500~6 000m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>之间,据有关研究资料表明,其中70%~80%以径流和蒸发形式流失掉,仅有20%~30%被作物利用。根据理想条件下的光、热、水、肥状况计算的光能生产潜力为22.5~30t/hm<sup>2</sup>,温热生产潜力为15~22.5t/hm<sup>2</sup>,水分生产潜力为3.75~7.5t/hm<sup>2</sup>,可以看出,由于温热的限制,生产潜力衰减了25%~33%,由于水分的限制,生产潜力衰减了67%~75%。说明在干旱半干旱区光热资源比较丰富,水分的限制最大。通过雨水资源的高效利用,减少水分的限制是农业可持续发展的自身需要。

### 1.4 从雨水自身的特性看

由于客观上存在水分的重力效应和土壤的水库效应,雨水可通过下渗被土壤接纳,具有可

储性。由于地形起伏多变,及重力作用,雨水具有可分配性。雨水被土壤接纳成为土壤水后受光和风力作用具有可蒸发性。雨水的这些自身特性表明进行雨水资源的集蓄利用不仅必要而且可行。

## 2 提高水分利用效率的途径

在干旱半干旱区,提高农田水分的利用效率有多种措施,如不断扩大种植面积和复种指数,兴修水利,培肥地力,以肥调水等。

综观这些措施,可以看出各有侧重,从农业可持续发展的角度衡量,都不同程度地受到经济、技术、资源和环境的制约,其局限性是显而易见的。在干旱半干旱区通过雨水资源的高效集约利用,来提高雨水资源的利用效率,不仅不会造成环境退化,而且能改善和提高环境质量。大量的研究结果已表明,这不仅在经济上可行,而且在技术上比较适当,因此是农业可持续发展的一条重要途径。

## 3 雨水利用的理论基础

### 3.1 雨水利用理论的基础构件

雨水资源高效集约利用的理论基础是人工创造作物良好生育的微生境,它包括作物生育区的土壤环境,微气候特征及作物体内环境诸因素。其基础构件包括:(1)工程构件,主要任务是解决生产用地的水源补偿,应具备集水、储水、供水三个体系;(2)生物构件,应具备较高的蒸腾效率,较强的生理抗性和较高的经济价值。(3)农艺构件,对工程、生物效应具有增进作用,具备保水效率高、水分损耗和无效蒸发低、培肥效应显著等特点。

### 3.2 雨水利用理论

3.2.1 就地拦蓄入渗利用理论 利用雨水资源的可储性,通过人为构筑集流拦蓄工程,使雨水就地拦蓄入渗,可减少雨水径流的流失,提高土壤含水量,进而提高作物的水分利用效率。

3.2.2 覆盖抑蒸利用理论 干旱半干旱地区无效蒸发十分剧烈,耕作和播种之后,在地表人为的附加一层覆盖物能降低、控制或回收利用地表蒸发所造成的水分损耗,提高土壤的蓄水保墒效果,并能增加土壤有机质含量,培肥地力。

3.2.3 富集叠加利用理论 由于自然降水具有再分配性和可移动性,可利用自然和人工创造的集流面进行雨水资源的富集叠加,即把多个地块的雨水径流叠加于一个地块上,把多个时段的雨水径流叠加在一个时段上,以减少集流区水分的无效消耗,增加农田区的水分供应;减少作物非生育期的水分消耗,增加生育期的水分供应,使集流区几乎寸草不生,农田区稳产高产,即所谓的“天堂地狱”理论。

## 4 干旱半干旱区雨水利用技术

### 4.1 水土保持耕作技术

水土保持耕作技术的关键在于通过营造田间微型集水面和改进耕作措施,实现降水的就地拦蓄入渗,提高水分利用效率,包括水保工程技术和耕作技术。

4.1.1 水保工程技术 水保工程技术是以水平梯田、隔坡梯田、水平沟、鱼鳞坑等为主的雨水利用技术。通过修筑水平梯田、隔坡梯田、水平沟、鱼鳞坑等,对地面进行了较大的工程处理,改变了原有的地形特征,使降雨就地集中拦蓄入渗,提高了水分利用效率。据试验观测,在年降水

量450~500mm的地区,与坡地相比,其拦蓄径流的能力,水平梯田为35~100mm/a,隔坡梯田为25~65mm/a,水平沟为15~57mm/a<sup>[4]</sup>。

4.1.2 水保耕作技术 (1)等高耕作,是在斜坡上沿等高线方向耕种,使坡地形成许多等高犁沟。据天水水保试验站观测,等高耕作可拦蓄径流19.2%~39%,减少冲刷31.2%~67%<sup>[5]</sup>。(2)起垄耕作,是先在坡地下面沿等高线耕一犁,接着在犁沟内施肥播种,再在下面浅犁一道,覆土盖种,空一犁后,依次重复进行。这样使坡地表面沟垄相间。为防止所拦的横向水流冲毁垄台,在沟内每隔1~2m做一个略低于垄的土档,隔成的小区即垄作区田。据天水水保试验站测定可拦蓄径流71%~98%,减少土壤流失84%~99%,增产10%~25%<sup>[5]</sup>。(3)粮草轮作,是在轮歇地上种植豆科牧草,一方面覆盖休闲地,减少雨水流失,另一方面又增加土壤有机质和氮素,恢复地力,待牧草一个生长周期结束后,改为粮食作物。据天水、隰县等水保试验站测定,可减少径流60.8%,减少土壤流失65%~68%,增产30%~100%<sup>[5]</sup>。(4)带状间作,是在坡耕地上沿等高线耕作,种植时密生作物与疏生作物、高秆作物与低秆作物,农作物与牧草成带状交互间种。据隰县水保试验站测定可拦蓄径流60.5%,减少冲刷65.7%,增产50%~100%<sup>[5]</sup>。(5)渗水孔耕作,是用20cm的孔钻在坡地上垂直打钻70cm深的渗水孔,并以渗水孔为圆心聚垄两道15cm高的导流埂,形成一个扇形集流面,把雨水径流集蓄于渗水孔为作物利用。每hm<sup>2</sup>地以打钻3000个渗水孔为宜。据定西地区水保研究所试验,可减少径流70.51%,减少泥沙84.68%,增产64.40%,水分利用效率提高111.885%<sup>[6]</sup>。(6)蓄水聚肥耕作,是把阴土上埝、阳土回填,经水平深翻后,在沟内种植农作物,土垄上种植豆科绿肥。据试验可减少径流88.9%~92.5%,减少土壤流失95.2%~99.8%,增产40%~100%<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 土壤覆盖抑蒸技术

土壤覆盖抑蒸技术的关键是雨水被土壤接纳成为土壤水后,通过在地表覆盖附加物,使水分在土壤水库中的集蓄时间延长,以供当年或来年作物利用,包括白色覆盖、黑色覆盖和绿色覆盖。

4.2.1 白色覆盖技术 白色覆盖亦即塑料薄膜覆盖,可减少土壤蒸发30.8mm,提高表土(0~20cm)水分10~12mm<sup>[4]</sup>。

4.2.2 黑色覆盖技术 黑色覆盖即作物残茬和秸秆覆盖,可减少蒸发12~42mm,使播前土壤水分增加27.5mm<sup>[4]</sup>。

4.2.3 绿色覆盖技术 绿色覆盖即植被覆盖,具有减少径流和抑制蒸发双重作用,其中减少径流的作用主要表现在截留降雨和增加入渗两个方面。据观测,6龄林减少径流78%,人工草地减少径流62%,野外柠条、刺槐、沙打旺、天然草地与农地相比,径流分别减少99%,86%~93%,56%~82%,41%<sup>[7]</sup>。

#### 4.3 雨水富集叠加高效集约利用技术

雨水富集叠加高效集约利用技术亦称设施配置技术,具有集水、调水、储水、供水、节水等功能,并与高新种养技术(如畜禽养殖技术、塑料大棚和节能温室生产蔬菜、瓜果、药材技术等)相结合,创造适合市场需要的高附加值产品。主要包括集流、储水、高效集约利用三个方面。

4.3.1 集流技术 集流技术是利用自然和人工营造局地集流面,如村庄、道路、庭院、荒坡等,把降雨径流收集到特定场所。据定西地区水保所测定,用塑料薄膜覆盖,混凝土覆盖,混合土夯实和素土夯实等方法处理的集流面,单位面积年集流量分别为0.259m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,0.256m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,0.055m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,0.038m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>,均高于自然状态下的集流量<sup>[8]</sup>。

4.3.2 储水技术 储水技术是通过修筑小水库、塘坝、涝池、水窖等工程设施,把集流面所集径流拦蓄储存起来,以备利用。其中小水库、塘坝、涝池的储水效率受下渗和蒸发影响,储水效率相对较低,而水窖是一种相对较好的储水设施,定西地区水保所测定,用红胶泥水窖储水年均保存率为75.4%,砵薄壳水窖为97.1%<sup>[6]</sup>。

4.3.3 雨水高效集约利用技术 雨水高效集约利用技术在灌溉方式上采用喷灌、滴灌、注灌、沟灌、渗灌等节水灌溉方式,在灌溉制度上采取作物需水关键期和土壤水分严重亏缺期进行有限补灌,并注重与高新种养技术相配置,生产高附加值产品。试验研究表明,进行有限补灌对作物产量的提高具有跃迁效应。据定西地区水保所试验表明,春小麦进行有限补灌后单产提高90.18%,水分生产效率提高84.83%<sup>[6]</sup>。

## 5 雨水利用与农业可持续发展

### 5.1 雨水资源是农业可持续发展的资源基础

农业可持续发展的物质基础是自然资源的永续利用,离开了自然资源的永续利用,农业的可持续发展就无从谈起。雨水资源是干旱半干旱区十分有限而又非常宝贵的自然资源,对其进行高效、集约、永续利用,是实现经济效益,生态效益和社会效益同步持续发展的重要途径。

### 5.2 雨水利用技术是实现农业可持续发展的重要手段

雨水利用技术是连接资源、环境和社会经济的纽带,干旱半干旱地区农业可持续发展所需的雨水利用技术是全方位多层次的。目前雨水利用理论和技术正处于不断发展和完善的阶段,有待不断深入和提高。在推广应用方面,还存在政府行为、科技行为和群众行为相结合,技术体系相配置的问题,如甘肃省1995年在干旱半干旱区实施的“121”雨水集流工程,“结合”问题解决得好,使工程实施的进度快、范围广、质量高。而“配置”的问题没跟上,“121”前面的“1”(一个集流面)和“2”(两眼水窖)都解决了,后面的“1”(1亩庭院经济)进展缓慢。

### 5.3 雨水利用与可持续发展的核心相一致

通过雨水资源的高效、集约、永续利用,一方面提高了土地的持续生产力,既满足了当代人的需求,又对后代人满足其需求能力提供了可能。另一方面减少了下游地区的水沙灾害,既满足了当地的需要,又增强了其它地区满足其需求的能力。

## 参 考 文 献

- 1 刘巽洁. 论21世纪中国农业可持续发展. 自然资源学报, 1995, (3)
- 2 中国21世纪议程, 北京: 中国环境科学出版社, 1994
- 3 中国科学院自然区划工作委员会. 中国综合自然区划(初稿), 北京: 科学出版社, 1959
- 4 陈国良, 徐学选. 黄土高原地区的雨水利用技术与发展. 水土保持通报, 1995, (5)
- 5 郭廷辅. 水土流失及其综合治理. 长春: 吉林科学技术出版社, 1991
- 6 叶振欧, 李旭升, 贵立德. 半干旱地区坡耕地渗水孔耕作法试验研究. 水土保持通报, 1992, (6)
- 7 刘元宝, 唐克丽, 查轩等. 坡耕地不同地面覆盖的水土流失试验研究. 水土保持学报, 1990, (1)
- 8 王健, 朱兴平. 半干旱区雨水资源高效利用技术研究. 中国水土保持, 1996, (7)