

综  
述  
评  
价

# 雨水资源合理利用及其宏观调控\*

张正斌 黄占斌 山 仑

(中国科学院水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 从多降天上雨,多蓄地上流,南水北调,节水灌溉,高效利用有限降水等方面,系统地论述了雨水资源开发利用的战略思想和宏观调控措施,对我国当前旱地和节水农业的持续发展具有重要指导意义。

**关键词** 雨水资源 开发利用 宏观调控 对策

文献标识码: A

文章编号: 1000- 288X(1999)02- 0052- 05

中图分类号: TV 213

## Macro-regulation and Strategy of Exploiting and Using Rain Water

ZHANG Zheng-bin HUANG Zhan-bin SHAN Lun

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

**Abstract** Macro-regulation and strategy of exploiting and using rain water have been discussed. The major measures as follows: Getting more rain from the sky, storing more rain in soil, transferring water from the south to the north of China, water saving irrigation, using water high efficiently. These measures are very useful to dryland agriculture and water-saving agricultur in China.

**Keywords:** rain water; exploitation and utilization; macro-regulation; strategy

“水是生命的源泉”,“水是农业的命脉”,“有收无收在于水,收多收少在于肥”。这些至理名言,充分说明了水的重要性。然而,联合国早在 1977 年即向世界发出警告:“水不久将成为一项严重的社会危机,石油危机的下一个危机就是水”。由于全球性持续干旱,据报道,全世界已有 100 多个国家缺水,40 多个国家严重缺水,水资源乏竭已危及人类生存。因而,如何增加雨水资源,提高雨水利用,已是当今世界关注的热点问题。到目前为止,国际上已召开了 8 次雨水利用国际学术讨论会。雨水集流,节水农业在我国“九五”期间,受到了史无前例的重视。

雨水资源开发和高效利用是一个系统工程,应具有长期打算,短期攻坚的战略思想,在区域项目实施上要进行宏观调控,这样才能实现雨水资源的合理开发和持续高效利用,为我国下一个世纪经济腾飞提供一个松紧适度的水资源环境。

### 1 发展高科技,多降天上雨

天上的云,地上的雨。雨水作为一种资源是可以开发的。对于一个地区来讲,水资源是有限的,不是用之不竭的;而对于大气环流来讲,水资源是无限的,可循环利用。因此可进一步开发降雨。如在条件适宜的情况下,利用人工降雨技术,则可增加某一区域的降雨。人工增雨已不再是科学幻想,我国 90 年代人工增雨防雹技术处于世界领先水平,生产的增雨防雹弹已出口到欧洲等地区和国家。近年来,我国实施的人工增雨工程,对我国粮食全面持续增产发挥了

不可估量的重要作用。目前人工增雨技术费用较高,应用还不普及,多属政府应急行为。为了使人工增雨技术广泛应用,减少各级政府的经济负担,可以借鉴我国目前农村实行的夏季小麦防火保险制度,让农民交一定的粮食丰产防灾(增雨、防雹、防火)保险费,用于购置和发射增雨防雹弹的费用。我们相信,随着现代化科学技术的飞速发展,人类从空中开发雨水资源能力将不断提高,能让更多的“过眼云烟”变成“淅淅甘霖”或“涓涓细流”普洒人间。

## 2 植树造林,涵养调控

“山青水秀”、“山高水长”成语形象地说明了森林、山和水的三者紧密关系。随着人类不合理的社会经济活动影响,对森林资源的破坏历史已久,造成大量的水土流失和严重的土地贫瘠已积重难返。世界人类文明的发源地,如今都已变成贫瘠如洗的废墟,尼罗河畔的干旱和风沙早已把古埃及文明埋在地下,印度河流域已是世界干旱和水土流失最严重的地区之一;巴比伦文明发源地幼发拉底河流域已成沙漠之海,水贵如油的地区。黄河是中华民族的摇篮。昔日林茂草丰、沃野千里之地,如今已是荒山秃岭,沟壑纵横,支离破碎的地貌和荒凉贫困的景观,也是我国干旱频繁发生,水土流失严重,贫困人口集中地区。

苏联专家拉赫马诺夫的研究表明,森林具有涵养水源的功能,在流域内增加森林面积,是防止水源枯竭,补给地下水,延缓与平衡河川径流的重要手段。中国林业科学院林业研究所在华北石质山区的研究表明,森林除对防止水土流失,减洪,减少河道、湖泊、水库的淤积,延长水库寿命有明显的效果外,还可以平衡河川径流量。即森林覆盖率每减少1%,则河川多年平均最大洪峰流量相应增加 $9.54 \text{ m}^3/\text{s}$ ;森林覆盖率平均每增加1%,则河川枯水期日最小径流相应增加 $235.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

从全球角度看,来自海洋的水,仅占陆地降水量的40%,其余60%的是来自陆地表面,特别是由植被的蒸腾作用造成的。森林是水循环最好的调节器。在雨量集中的季节,它可以利用冠层阻截降水,减缓地表径流,防止水土流失,把水贮蓄在林下枯枝落叶层和松厚的腐殖土中,增加了地下水含量,防止了山洪暴发,减少了水灾危害。有人测定,  $1 \text{ hm}^2$  森林能贮蓄300t水,  $3000 \text{ hm}^2$  的森林蓄水量就相当于  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  的水库。我国自古就有“种树等于修水库”的谚语,即是此道理。

在干旱季节,森林又可以起到调节水源,改善小气候的作用。林地空气相对湿度比裸地的高1%~3%,在干旱季节高10%。而林地气温比裸地气温低 $1 \sim 4$ ,因此有利于水气凝结成云降雨。砍伐森林,则明显使降雨减少,如云南西双版纳,由于大量过伐森林,原始森林的覆盖率由过去的66%减少到33%,近年来降雨量减少了50%左右。另外农田防护林还具有抗寒潮,抗干热风,抗风沙等生态功能,改善田间小气候,有利于大田作物高产稳产。

我国森林覆盖率近年来有所上升,这是一个可喜的局面。对重点投资的三北防护林,长江防护林工程建设要长久不懈地狠抓下去。尽快提高北方主要山脉(如祁连山、秦岭、太行山等)的森林覆盖率,增加水源涵养。

## 3 南水北调,区域调控

我国南方降雨在 $800 \sim 1500 \text{ mm}$ ,北方降雨在 $200 \sim 800 \text{ mm}$ 。长江流域及其以南地区的水资源量占全国的80%,而耕地面积占全国的36%。黄淮海流域水资源仅占全国的10%,人口密度为全国平均值的1.8倍。南北水土资源分布相差十分悬殊。更有甚者,我国北方降水少而年月分布不均,7-9月为中雨、大雨和暴雨,降水量占全年的40%~70%,易形成强大的地表

径流,以致冲毁农田和坝库,导致严重的水土流失和洪水灾害。特别是黄河流域中下游,又没有很大的湖泊用来蓄洪,在汛期洪水快速流向渤海,真可谓“黄河之水天上来,奔流到海不复回”。旱季流量少而难以抽提和引灌,使宝贵的水资源利用率较低。

在现代,我们虽无呼风唤雨之神功,无法使南方的云雨更多的飘降在北方上空,但我们能通过引长济黄,实现南水北调,以解决我国南北方水资源严重不均衡问题。我国领导人早在 50 年代初,就已提出了南水北调的设想,并经有关单位勘测、规划、设计,根据缺水地区和水资源分布的特点,拟定了长江上游的西线(从通天河、雅砻江及大渡河调水,供西北广大地区),中游的中线(从汉江引水,供东线以西地区),下游的东线(从江都抽水泵站抽提利用京杭运河输入,供淮海流域运河以东地区)3 条调水路线,并均以兴建三峡大坝为前提,如今三峡大坝建成指日可待,东线工程已付诸实施多年,中线工程和西线工程将分步实施。南水北调,将在我国水资源区域调控水工程中逐渐发挥重要作用。另外,还有各省市的跨省跨地区水资源调控工程,如山东的引黄济青,甘肃的引大入秦,陕西的引嘉济渭等工程,都将在区域水资源调控中起着重要作用,对当地的工农业生产提供可靠的水源保证。

## 4 黄河利用,优化调控

近年来黄河断流日不断提早和不断延长,给下游的国民经济造成巨大损失。黄河断流主要原因有三:一是近年来干旱持续发生,降水明显偏少,致使渭河干枯,地下水位急剧下降,难以恢复。昔日井渠双保险,旱涝保丰收的八百里秦川,也难以保证粮食全年丰产;二是工农业用水量急剧增加。八百里秦川已成为关中工业经济硅谷。昔日“八水绕长安”的西安古城,近年来夏季水荒不断加重。宝鸡、咸阳、渭南等新兴城市不断扩大,迅速发展的城市建设和人口对水资源需求量翻了几番,这也是引起缺水的主要原因之一。同时,随着农村经济的改革开放,经济作物面积急剧扩大,陕西已成为全国苹果生产第二大省,群众自发集资打井,发展水利灌溉的积极性空前高涨,形成地下水位急剧下降,有些旱塬地区下降了 5~10 m 左右。持续干旱,用水量猛增,加剧了水资源的供需矛盾;三是沿黄两岸水源涵养林面积急剧减少。这无疑造成秦岭涵养的水源急剧减少,大河变小溪,小溪常干枯,这就是秦岭北坡的现实写照。

因此在干旱少雨,河水流量锐减的情况下,有限黄河水源的合理利用,已摆到国家的议事日程,国务院和有关部委对黄河沿线水资源利用作了多次讨论和协调。从全局宏观考虑,要实现黄河水资源的优化利用,可以从以下大的两个方面来考虑和实施,一是在黄河中下游应修建几个专用来贮蓄黄河洪水的大型水库或人工湖,当然要以地貌等多种因素加以综合考虑去实施。将汛期的洪水能尽量大容量的加以贮蓄,然后在干旱枯水期放流,加以高效利用。这一点在易发生断流的下游地区尤为重要。胜利油田已采用这种方式,在油田、油井周围挖掘很大的人工湖,在丰水期贮水,在枯水期加以利用,保证了油井水压油的高效生产,取得了很大的经济效益。二是要区段调控,合理利用,保证下游有水可用。这在黄河中上游地区尤为重要。如陕西省的东雷抽黄工程与山西省的万家寨抽黄工程,同属于一个地理气候带,如果因干旱同时抽黄灌溉,使下游利用水源能力明显降低。另外在黄河中上游,地貌支离破碎,多属丘陵沟壑区,平整土地花费大,有效灌溉面积相对小,降水少,需补灌量大,抽黄灌溉水费成本又高,因此灌溉效益明显较差;而在下游华北平原,山东沿海地区,有大面积吨粮田基地县区,且经济相对发达,农业灌溉和工业用水效益明显提高。因此要遵循生态规律和经济规律,实行上游水力发电为主,中游合理利用,保证下游稳定长流高效利用的区段调控措施,使黄河水链、生态链、动力链、能量链、经济链能持续高速运转,发挥黄河的最大系统功能和整体经济效益。

## 5 坝库池窖, 流域调控

坝库在截流蓄水方面起主导作用, 池窖起补充作用。从宏观上讲, 打坝修水库, 就是大型的雨水集流工程。坝库主要分布在山区和沟壑的特殊地段, 具有“百川纳海”的集流作用。坝库的主要作用和优点是能广泛收集流域内的雨水, 特别是对洪水具有贮蓄和安全排洪的功能, 同时能实现集流雨水在下游进行大面积自流灌溉的效应, 或供城市用水, 或用来发展水产养殖业和发展观光旅游业, 达到宏观意义上的优化时空调控。

黄河中上游为水土流失严重的地区, 从 50 年代早期, 兴建坝库, 已取得很大成效。目前在黄河流域中游地区的不少小流域上, 已建成了很多大大小小的坝库, 控制面积由几平方公里到几十平方公里, 甚至几百平方公里, 这些坝库联合效应明显, 一方面集流雨水, 用于工农业生产, 另一方面是减少泥沙输出, 对黄河 50 a 多来的平安发挥了巨大的作用。

众多的淤地坝, 能实现集流雨水, 灌溉作物, 同时拦沙造地三大效益并举, 在黄土丘陵沟壑区应大力提倡。以村或农户为单元, 集投资劳入股, 然后利益共享, 是一条脱贫致富之路。90 年代雨水集流受到史无前例的重视, 普及推广应用达到高潮, 如宁夏倡导的“窑窖农业”, 甘肃发起的“121”工程, 陕西实施的“甘露工程”, 都将修建水窖的技术、质量和数量提高和扩大了一步。由农户庭院发展到村庄周围的农田, 由单一的人畜饮用, 变成发展庭院经济、建设丰产稳产的保命田的多途径开发应用。这是一个投资小、占地少、见效快, 简单实用的雨水集流工程。

## 6 农田基建, 土壤贮蓄

对于 80% 以上是坡耕地的黄土高原丘陵沟壑区, 利用坝库池窖无疑是集流雨水的有效途径, 但其集流面积和集流增产增收效果是相对有限的。面对大面积的坡耕地, 只有实行农田基本建设, 推广等高种植、沟垄种植、坑条田、山地水平沟等水土保持耕作法, 全面实现农田雨水就地入渗土壤, 这才是真正有意义的雨水集流工程。

土壤是一个看不见水面的巨型水库, 对于水分的贮蓄和利用起着巨大的调控作用。秋雨春用是农田作物高产的水分基础。土壤是一种持水孔隙占 30% 的多孔体, 能贮蓄吸收大量降水, 由于土壤严密的结构和水土胶体吸附体系的作用, 可形成很大的蒸散阻力, 减少了土壤水分的快速蒸散损失。如果以作物利用层 2 m 深计算, 每  $1 \text{ hm}^2$  土壤可贮蓄 8 250 ~ 9 000 mm 降水, 即  $5\,400 \sim 6\,000 \text{ m}^3$  水量,  $6 \times 10^5 \text{ hm}^2$  的耕地, 土壤蓄水能力可达  $3.6 \times 10^8 \sim 4 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 相当于几个大型水库的贮水量。深耕能显著增加土壤蓄水能力, 但要因地制宜, 在风蚀强烈的地区, 坡地要实行无壁犁深松耕, 在平地可深翻, 在陡坡地要实行水平沟种植或坑条田法, 要将“三跑田”变为“三保田”。建设标准的梯田, 特别是石坎梯田, 拦流蓄水作用更大, 梯田产量一般是坡地的 2 ~ 5 倍。因此修筑梯田, 是黄土高原丘陵沟壑区和所有山区农民脱贫致富的必由之路。

另外, 防止土壤水分蒸发, 对于土壤水分高效利用有重要作用。采用旱作农业技术, 如耙耱保墒、沙石田、镇压、秸秆覆盖、地膜覆盖等, 都是行之有效的抗旱保墒增产措施。

## 7 节水灌溉, 高效利用

在干旱缺水的形势下, 如何发挥有限水源的最大效益, 是“九五”农业的一个研究重点。节水灌溉有三层意思: 一是将有限的水源用在最大的农田面积上; 二是将有限水源用在作物需水关键期; 三是获得高的水分利用效率和经济生态效益。以色列是世界上目前节水灌溉农业最发达的国家, 将国内唯一的水源——内格夫湖用管道加压输水, 传送到全国各地, 滴灌、喷灌在果树、蔬菜、花卉经济价值较高的园艺产业上大加推广应用, 取得了良好的经济效益。我国目前节

水农业发展的势头很快,但多是在井灌区,利用井水进行喷灌或微喷、滴灌,主要用在城市花园、草坪上,农业大田作物多为喷灌或管灌,滴灌、微喷,渗灌多用在果树上和蔬菜上。而将水库或湖泊的水用管道加压输水进行大面积节水灌溉的工程还未见到,这样的节水灌溉工程才是真正的大型节水灌溉工程,要加快灌溉技术和工程的改造,实行管道输水,减少渠渗,采用微型灌溉技术,实现高效利用。其灌溉面积不再是几公顷,几十公顷,而可能是几百、几千或几万公顷,其经济效益将是无比的巨大,我们相信有一天,全国的有限水资源都能得到高效利用。

总之,雨水资源的合理开发和高效利用是一个系统工程,应采用宏观和微观调控相结合,因地制宜,区别选择,可分步实施,也可同时并进,不可只顾当前和局部利益,应综合考虑不可偏废。如在干旱少雨地区应重点实行人工集流,在灌溉地区应节水灌溉,在条件适宜的天气,各地都可人工增雨,在半干旱地区,植树造林和人工集流同等重要,在黄土高原丘陵沟壑区,打坝建库,平整土地,窑窖集水,植树造林都同等重要。雨水的开发和利用是一场人民战争,应全民动员,齐抓共管,这样才能保证我国国民经济的持续快速发展。

#### 参 考 文 献

- 1 谢朝柱. 森林的盛衰与国家的盛衰. 中南林学院学报, 1982(2): 100- 104
- 2 李玉山. 土壤水库的功能和作用. 水土保持通报, 1983(5): 27- 30
- 3 汪达. 南水北调与生态平衡. 生态学杂志, 1991(3): 67- 71
- 4 郑新民. 黄河中游地区中小河流坝群的整体效益. 人民黄河, 1988(5): 43- 49
- 5 李瑞锋. 集雨节灌—半干旱区农业水利化建设的战略途径. 农业现代化研究, 1997(3): 166- 170
- 6 李战秀. 国外农业节水的途径. 世界农业, 1991(21): 50- 52

(上接第 51 页)

生态环境补偿机制,尤其是矿产资源和森林资源的开发。划定饮用水源保护区,自然保护区以及确保粮、牧、渔、果、蔬菜生产的农业保护区,推动农村经济与环境的协调发展,保护生物多样性,保证生物资源的永续利用。此外,要控制化肥、农药的污染。采取科学的施肥方法,提高化肥利用率,减少流失而导致河流水体的富营养化。严格控制农药安全使用标准,合理施用,大力推广低毒高效农药和生物防治方法,减少农药的污染和在植物中的残留量。

### 3.6 实施“沃土计划”,提高土壤肥力

农业部提出“沃土计划”中明确要求,每年  $1 \text{ hm}^2$  耕地有机肥投入量不低于  $3 \times 10^4 \text{ kg}$ , 有机肥投入年递增率 5%。必须发动群众大积大造农家肥,多种和种好绿肥,实施稻草回田措施。要应用土壤普查成果推行测土施肥、配方施肥,以提高肥料利用率。耕作方式上,要提倡多种轮作制,尤其是种地养地相结合,增加豆科作物、绿肥种植面积。在实施“沃土计划”的同时,还必须搞好中低产田改造,消除农田生态环境中的主要障碍因素,提高系统的产出效益。

### 3.7 建设生态果茶园,防止水土流失

鉴于大田县茶果园坡度大,水土流失严重,土壤肥力低的特点,应采取综合措施,建设良性生态的果茶园,提高经济效益。首先,对新开发的果茶园应完善水土保持设施,防止水土流失。对原有旧果茶园进行改造,修建成前有埂,后有沟的等高水平梯田。并合理布局防护林、防洪沟。其次,大力推广园地套种绿肥和园面杂草覆盖,改善园地生态环境,改良土壤。同时,加强园地的扩穴改土、合理施肥、树体修剪及病虫综合防治等管理措施。