

Survey on the Utilization of Rainwater Resources in Arid Mountainous Areas

Yanxia Zuo, Naijin Zhang, Jianfeng Zhang

Management Bureau of Shijin Irrigation of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei
Email: zyx800513@163.com

Received: Jan. 8th, 2016; accepted: Jan. 25th, 2016; published: Feb. 5th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The development and utilization of rainwater resources in arid area at home and abroad are discussed in this paper, and the using the technology of infiltration into local storage, soil cover evaporation technique, rainwater accumulation, utilization technology of three kinds of rainwater resource utilization technology of application characteristics, and advantages and disadvantages are introduced, especially for using the technology of infiltration into local storage including the technology of water and soil conservation engineering and the water and soil conservation tillage technology, soil cover evaporation technique including black, white, green, chemical, gravel and soil covering technology and rainwater accumulation and utilization technology including harvesting techniques, water storage technology and high efficient utilization technology about the water saving mode, technical characteristics and conditions of use are analyzed in detail, at the same time, the paper introduces some cases successfully applied. In addition, the paper has carried on the analysis from relation between rainwater harvesting and utilization and water and soil conservation, the influence of rainwater accumulation and utilization technology on the whole regional environment is analyzed, rainwater harvesting and utilization in soil and water conservation has a positive role and significance, especially in arid and semi-arid areas, reasonable utilization of rainwater resources should be taken to effectively prevent the negative effects of excessive utilization of rainwater resources on the environment.

Keywords

Arid Mountainous Area, Rainwater Resources, Utilization

干旱山区雨水资源利用研究综述

左燕霞, 张乃瑾, 张建峰

作者简介: 左燕霞(1980-), 女, 汉族, 河北灵寿人, 工程师, 硕士研究生, 主要从事水利工程建设与管理相关工作。

文章引用: 左燕霞, 张乃瑾, 张建峰. 干旱山区雨水资源利用研究综述[J]. 水资源研究, 2016, 5(1): 65-70.
<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2016.51008>

河北省石津灌区管理局, 河北 石家庄
Email: zyx800513@163.com

收稿日期: 2016年1月8日; 录用日期: 2016年1月25日; 发布日期: 2016年2月5日

摘要

本文对干旱山区雨水资源在国内外的发展和利用情况进行了综合论述, 并对就地拦蓄入渗、覆盖抑制蒸发和雨水富集叠加三种雨水资源利用技术的应用特点和优缺点进行了介绍, 尤其对就地拦蓄入渗利用技术包括的水保工程技术和水保耕作技术, 土壤覆盖抑制蒸发技术包括的黑色、白色、绿色、化学、砾石和土壤覆盖技术和雨水富集叠加利用技术包括的集流技术、贮水技术和高效利用技术的节水方式、技术特点和使用条件进行了详细的分析, 同时, 介绍了一些应用成功的案例。另外, 从雨水集蓄利用与水土保持的关系, 以及雨水积蓄利用技术对整个区域环境的影响进行了分析, 雨水集蓄利用在水土保持中具有积极的作用和意义, 尤其在干旱半干旱地区, 要采取合理的雨水资源利用技术来有效的防止雨水资源的过度利用对环境的负面影响。

关键词

干旱山区, 雨水资源, 利用

1. 引言

干旱是一个长期存在的难题, 我国干旱半干旱面积约占国土面积的 52.5%, 干旱问题不仅制约着农、林、牧业的持续发展, 而且还严重影响着人类的生存环境。尤其是西北干旱半干旱地区, 植被稀少, 气候干燥, 年降雨量少, 地表水和地下水资源贫乏, 地下水埋藏深, 仅靠开发常规的水资源解决干旱问题, 不仅技术上难以实现, 经济上也难以承受, 而雨水是最能被植物直接利用的水资源, 且不受山区地形破碎、地貌高低起伏的限制。因此, 利用雨水资源是解决或缓解干旱山区状况的最重要途径。

2. 雨水资源利用的发展

雨水利用作为一项古老的富集天然降水利用方式, 在以色列、土耳其以及非洲、拉丁美洲和亚洲的许多国家已流传了数千年, 并一直延续至今。对于农村地区的雨水集蓄利用, 规模最大的是泰国, 其雨水收集利用已有 4000 多年的历史, 尤其在 20 世纪 80 年代, 泰国东北部农村地区, 普遍利用传统的 400~600 L 的陶瓷罐来收集雨水; 澳大利亚在农村及城市郊区的房屋旁, 普遍建造了用波纹钢板制作的圆形水仓, 收集来自屋顶的雨水。美国得克萨斯州人一般用小水池蓄存径流用于农业灌溉, 说明集流农业技术所花的代价比一般工程要低; 国外经验证明, 雨水集蓄利用技术在解决生活和农业生产用水上都有广泛的应用, 特别在干旱、半干旱地区是解决水资源短缺问题, 发展农业生产、改善生态环境的有效措施。

我国雨水利用也由来已久, 在农业生产方面, 早在 4000 年前的周朝, 就利用中耕等技术增加降雨入渗, 提高作物产量; 秦汉时期在一些地方修建涝池塘坝拦蓄雨水进行灌溉; 修筑梯田利用雨水的方式则可以追溯到东汉。在生活用水方面, 干旱地区的农民用水桶、瓦盆等收集降雨时屋面滴檐水饮用; 水窖修筑历史也有数百年, 在甘肃会宁有一清朝末年修筑的水窖至今仍在用。20 世纪 50 年代, 人们利用窖水点浇玉米、蔬菜等, 突破了原来只用窖水作为生活饮用水的观念; 80 年代后期, 这一思路迅速发展, 人们将收集的雨水用于发展庭院经济和大田作物蓄水关键期的补充灌溉; 1988 年以来, 甘肃省在中东部干旱缺水地区开展了雨水利用试验示范研究, 并将其成果进行推广; 1995 年在干旱半干旱地区实施了“121 雨水集流工程”, 宁南山区实施“窑窖农业”,

内蒙古自治区在准格尔旗和清水河县进行了“112 集雨节水灌溉工程”试验示范研究；陕西、山西、河南、河北、江苏、浙江、贵州等省亦进行了雨水利用实验研究。各地开展的雨水集蓄利用研究对解决水资源短缺，促进脱贫致富和经济发展起了显著的作用。

3. 雨水资源利用技术

雨水资源的利用有多种方式，归纳起来主要包括就地拦蓄入渗利用、覆盖抑制蒸发利用和雨水富集叠加利用三个方面。

3.1. 就地拦蓄入渗利用

就地拦蓄入渗主要是利用水分的重力效应和土壤的水库效应，根据土壤的可渗透性，以及雨水通过下渗被土壤接纳后的可贮性，通过采用营造田间微集水面和改进耕作措施等水土保持技术，使降雨就地拦蓄入渗，减少雨水径流流失，提高土壤的贮水量，延长土壤水分的有效供应时间，进而提高植物对雨水资源的利用效率。就地拦蓄入渗利用技术主要有水土保持技术和水土保持耕作技术。该节水技术措施具有管理简单、维护方便、成本相对较低，能充分有效的利用雨水资源的优点。

3.1.1. 水土保持技术

通过修筑水平梯田、隔坡梯田、反坡梯田、水平沟、水平阶、丰产沟、鱼鳞坑等水土保持工程技术，对原地形特征进行改变，使降雨就地拦蓄入渗，提高雨水利用率。在修建坡面工程中常采用爆破整地，可改善植物微环境，大大提高雨水利用率。据试验观测，在年降雨量 450~500 mm 的半干旱地区，其拦蓄功能与坡地相比为：水平梯田 35~100 mm/a，隔坡梯田 25~65 mm/a，水平沟 15~57 mm/a。

3.1.2. 水土保持耕作技术

水土保持技术主要包括带状间作、粮草等高带状轮作、等高耕作、水平沟耕作、沟垄耕作、入渗坑渗水孔耕作、蓄水聚肥耕作等，这些技术的应用在不同程度上起到拦蓄径流、减少土壤冲刷、增加降雨入渗、提高粮食产量的作用。据 1987 年 3 月~6 月在易县柴厂沟试验：采用穴状爆破整地刺槐截干造林，土壤含水率比人工整地提高 2.75%。用直接灌水法测定，蓄水量比人工整地提高 38%，达到稳渗的时间比荒坡推迟 40 min，比人工整地推迟 60 min，渗透速度每 min 比荒坡地高 3.58 mm，比人工整地高 0.54 mm，造林成活率达 95.5%，比人工整地提高 18.5%。

3.2. 覆盖抑制蒸发利用

土壤覆盖抑制蒸发技术主要是通过在地表覆盖附加物，抑制蒸发，延长水在土壤水库中的集蓄时间，以供植物充分利用，提高雨水资源利用率，具有保蓄水分、调节温度、改善土壤理化性能、促进植物生长的作用。覆盖技术主要有黑色、白色、绿色、化学、砾石和土壤覆盖技术等几类。该节水技术措施具有简单有效、能抗旱保水，还可缓解气温激变对土壤湿度、温度的影响的优点，但是应用的过程中应充分考虑覆盖量、覆盖时间以及覆盖可能引起的病虫害滋生对土壤的影响。

3.2.1. 黑色覆盖技术

利用秸秆、作物残茬、干草、枯枝落叶等植物残余或各种物质燃烧后的灰分或畜禽粪便沤制的厩肥直接覆盖于土壤表面，可以增加温度，降低土壤水分蒸发速率，保蓄水分，增加土壤肥力，避免土壤板结，供给营养等作用，在农作物和经济林中应用较普遍。厩肥覆盖和灰分覆盖虽有减少土壤水分蒸发的作用，但由于养分损失过多，其利用率远低于底肥使用，不宜大面积推广应用。梅旭荣等详细报导了陕西永寿和山西屯留等地用秸秆覆盖小麦、玉米地等，水分利用率提高 15.3%~57.6%；据陈国良研究，黑色覆盖可减少蒸发 12~42 mm，使播

前土壤水分增加 27.5 mm [1]。

3.2.2. 白色覆盖技术

白色覆盖技术即塑料薄膜覆盖技术，是常用的一种节水方法，用塑料薄膜覆盖地面，利用其透光性好、导热性差和不透气等特性，改善土壤生态环境，提高水分利用率。王斌瑞等通过塑料薄膜覆盖，林地土壤水分提高 24.3%；据 1987 年保定市水土保持试验站在片麻岩山地试验，9 月至翌年春季，盖膜的土壤温度比对照组高 2℃~5℃，高温的 6~8 月盖膜的地温比对照组低 2℃左右，可见早春和晚秋温度高，夏季温度低，能有效减少水分的蒸发和幼树本身的蒸腾作用，对所植苗木生长非常有利[2]。

3.2.3. 绿色覆盖技术

绿色覆盖又称为生物覆盖，利用植物种植在地面，发挥植物根系固定和茎叶遮盖作用，具有减少径流和抑制蒸发的双重作用，其中减少径流主要表现在截留降雨和增加入渗两个方面。水土保持治理中采用的生物埂、农林复合立体种植等均起到这种作用。据王斌瑞应用低等植物覆盖地面，一般可减少土面蒸发量 30%~40%；据易县水保局 1988 年对新修水平沟爆破整地进行调查，当年发生水土流失的水平沟占 50%以上，都不同程度发生了沟蚀，而采取生物覆盖的水平沟则无此现象，说明生物覆盖不但起到了控制水土流失，延长了拦蓄工程的使用寿命，而且还起到减少水分蒸发的作用[2]。

3.2.4. 化学覆盖技术

化学覆盖是利用化学方法，施用在土面后，在土壤表面形成一种连续性薄膜，切断土壤毛细管，阻止土壤水分通过，抑制水分蒸发，提高水分利用率。国外曾使用胶乳、石蜡、沥青、石油等喷洒在地面上，防止土壤水分蒸发，我国亦在一些地区试验应用，虽效果较佳，但成本太高，不宜大面积推广。

3.2.5. 砾石覆盖技术

利用卵石、砾石、粗砂和细砂的混合物等就地材料覆盖在土壤上，改变水分入渗方向，保持土壤水分。在坎那利岛兰查洛特地区利用火山灰覆盖在葡萄园，成为一种极好的蒸发抑制剂；砾石覆盖技术在我国新疆、甘肃河西地区应用较多。

3.2.6. 土壤覆盖技术

土壤覆盖技术是在农田土壤表层(0~10 cm)，人为地创造一层松紧适度 3 的土壤覆盖层，以起到减少蒸发、保蓄水分的作用，投资少、见效快、易操作，是我国干旱半干旱作物栽培的重要技术之一。

3.3. 雨水富集叠加利用技术

干旱半干旱地区降雨偏少，分配不均，供需错位，由于自然降水具有再分配性和可移动性，利用自然和人工创造的集流面进行雨水资源再叠加，即把多个地块的雨水径流叠加于一个地块上或把多个时段的雨水径流叠加在一个时段上，减少集流区水分的无效消耗，增加水分供应，减少作物非生育期的水分消耗，增加生育期的水分供应，提高雨水资源的利用率。主要包括集流、贮水、高效利用三个方面的技术。该节水措施具有集水、调水、储水、供水和节水的功能优点，但该方法是一项复杂的系统工程，且需要修建一些集水和贮水工程设施。

3.3.1. 集流技术

集流技术是利用自然和人工营造集流面把降雨径流收集到特定场所，主要采用村庄庭院，硬化路面，荒坡集水面，塑料大棚棚面等集雨形式，集水面材料有塑料棚膜、混凝土、混合土夯实、素土夯实、砖瓦面、喷沥青夯实地面等。集流场在需灌溉林地的上方，以便直接进行自流灌溉，集流场的末端修建集水槽和储水设备，在槽与储水设备之间修建沉沙池和滤水池以清洁水质。原则上集水区以每株树木为对象修整，但坡面较均匀也可以两三株或以植树带为对象修筑，集水面坡度大小由树木生长期的水分短缺量、降雨量、降雨强度、径流系

数、植树带面积等决定。据定西地区水保所测定,用塑料薄膜、混凝土、混合土、原土处理集水面,集水效率平均为59%,58%,13%,9%,单位面积年集流量分别为0.259,0.256,0.055,0.038 m³/m²,均高于自然状态下的集流面

3.3.2. 贮水技术

贮水技术是通过修筑小水库、塘坝、水窖等工程设施,把集流面所拦蓄雨水贮存起来,以备秋季或来年春季少雨期植物利用,小水库、塘坝、涝池等由于蒸发下渗等,贮水效率低,国外一些地方采用在水面上覆脂族醇等液态化学制剂,也有采用轻质水泥、聚苯乙烯、橡胶和塑料等制成板来抑制蒸发,但这些方法成本较高。水窖因不易蒸发,是一种相对较好的储水设施,有红胶泥水窖,三合土或二合土抹面水窖和混凝土薄壳水窖,已广泛采用,如涇源县金家井乡留胡村在田间、地头、沟边、坡上依靠修筑大批水窖在山上栽植了果树,实现了脱贫致富。据定西水保所研究表明,红胶泥水窖年损9.35 m³,保存率75.4%,投资少,贮水成本0.23元(m³.a),但寿命短。混凝土薄壳水窖,年损1.08 m³,保存率97.1%,虽一次性投资高,但寿命长,贮水成本0.41元(m³.a)。

3.3.3. 高效利用技术

雨水高效利用是一项复杂的系统工程,主要包括输水方法、节水灌溉方式、节水灌溉制度及先进的集水农业技术四个方面。输水方法是雨水贮存与利用之间的重要环节,传统水渠输水因入渗、蒸发等,造成水资源利用率低,且有渠道占地等缺陷,为减少输水入渗、蒸发损失,提高输水的利用率,多以管道输水为主;节水灌溉方式是雨水资源利用的最重要环节,通过集水所储存的水是有限的,一般用于植物需水的关键阶段补充灌溉,在应用中可根据地形和自然落差选择喷灌、滴灌、微喷灌、雾灌、渗灌、管灌、膜灌、定点穴灌等节水灌溉技术;节水灌溉制度是田间灌水的工作制度,可根据各地情况,确定每种作物最佳灌溉时期、灌溉定额等,制定科学合理的节水灌溉制度,使有限的雨水资源用于作物生长最关键时期,达到对雨水资源的最有效利用;先进集水农业技术可大幅度提高雨水资源的利用率,促进作物增产,如应用保水剂、抗旱剂为作物集水,旱地龙、喷施宝、稀土微肥等植物生长调节素已在生产中得到应用,它们有较好的保水效果,通过植物生长调节素的合理使用,改善树木的生理状态,抑制过度蒸腾耗水,促进叶绿素的合成和叶光合效率,是节水的一条重要途径。

4. 雨水集蓄利用对区域环境的影响

4.1. 雨水集蓄利用与水土保持

从生产实践角度看,通过修筑梯田、鱼鳞坑、水平阶等水土保持工程措施和松耕、等高耕作等水土保持耕作措施,就地拦蓄雨水径流入渗,拦截分散了地表径流,减轻了对土壤的冲刷侵蚀,水土保持作用十分明显。从雨水利用角度看,就地入渗拦蓄属于被动雨水利用,通过一定的人为措施对自然的水文循环进行干预,具有一定的局限性,譬如,严重的春旱和夏初旱使作物生长很差或完全枯死,强度降雨会对裸露的地表产生严重的冲刷;若在田头路边修一些蓄水池,拦蓄降雨集中时期多余的雨水径流,到作物需水关键期进行补充灌溉,即解决作物、林木在旱季因缺水而枯死减产的问题,又防止了暴雨径流对坡面、路面、沟头的侵蚀,这是雨水主动利用。因此,雨水集蓄利用是“就地入渗拦蓄”的进一步延伸和拓展,在水土保持中具有更积极的作用和意义。

4.2. 雨水集蓄利用对区域生态环境的影响

一方面,干旱半干旱地区利用集蓄雨水节灌作物、林草,提高作物产量和林草成活,改善了农田生态系统,增强了区域生态系统的稳定性;雨水集蓄利用具有拦泥减沙的作用,庭院屋顶雨水集蓄利用解决了饮水问题,城市雨水集蓄可用于绿地灌溉、城市清洁等环境改善,地下水补灌可缓解已形成的地下水漏斗和由此产生的地下水环境问题,这些都产生了良好的环境效益。另一方面,由于人工雨水收集干扰了正常的水文循环,对区域

的径流、蒸发、入渗及地下水位产生影响，尤其在降雨量少的干旱半干旱地区，要防止雨水资源的过度利用对环境的负面影响。

5. 结语

在干旱地区，缺水 and 水土流失严重地制约着农、林、牧业的发展，一方面是严重缺水，另一方面水土流失造成水资源的大量浪费，这是矛盾的两个方面，而矛盾的焦点都集中在水上。雨水资源是该区最重要的水资源，雨水集蓄利用工程是农村基础设施的重要组成部分，既改善生产条件，又改善农民的生活条件和农村生态环境，有效地利用有限的雨水资源是直接为农村经济建设服务的一项重要工程。

参考文献 (References)

- [1] 任杨俊, 李建牢, 赵俊侠. 国内外雨水资源利用研究综述[J]. 水土保持学报, 2000, 14(1): 88-92.
REN Yangjun, LI Jianjun and ZHAO Junxia. Review on utilization of rainwater resources at home and abroad. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 14(1): 88-92.
- [2] 张广英, 田久茹. 干旱山区雨水资源高效利用途径和技术措施探讨[J]. 河北水利水电技术, 2004(2): 9-10.
ZHANG Guangying, TIAN Jiuru. Approach and technical measures of effective utilization of rainwater resources in Arid Mountainous Areas. Hebei Water Conservancy and Hydropower Technology, 2004(2): 9-10.