

宁南山区雨水集蓄利用模式与技术集成研究

刘学军, 刘平, 徐志友

(宁夏水利科学研究所, 宁夏 银川 750021)

摘要: 集雨利用是宁南山区旱地农业持续发展的主要方向。根据宁夏南部山区自然和社会经济特点, 结合生产技术研究 and 推广应用实际, 总结提出了 5 种雨水集蓄利用技术模式: 小流域集雨综合调配利用模式、坡面集雨与林草建设利用模式、道路集雨补灌农田利用模式、庭院经济集雨利用模式、旱作农田微集雨高效利用模式。并对国家在宁南彭阳县王洼集雨利用技术集成示范区进行了规划设计和效益分析。

关键词: 集雨利用; 技术集成; 模式

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2004)01-0036-04

中图分类号: S275.2

Integrated Model of Rainwater Harvesting and Use Technology in Southern Ningxia Hui Autonomous Region

LIU Xue-jun, LIU Ping, XU Zhi-you

(Ningxia Institute of Water Conservancy Science, Yinchuan 750021, Ningxia Hui Autonomous Region, China)

Abstract: Rainwater harvesting and use is a direction for sustainable development of dryland farming in the hill and gully area of southern Ningxia Hui Autonomous Region. According to the area's natural, social and economic characteristics, and in combination with the spread of applied agricultural technology, five kinds of integrated models of rainwater harvesting and use technology are set forth. These include: (1) integrated use model of rainwater collected in watersheds; (2) grassland and forestry construction use model of rainwater collected from slope land; (3) field farmland irrigation supply use model of rainwater collected from road surfaces; (4) courtyard guard plant use model of rainwater collected from roof and court; and (5) high efficiency dry field use model of rainwater collected from microcollection engineering. The benefits of the models are analyzed from results obtained at the national demonstration district of rainwater harvesting and use, which is located in Wangwa demonstration district of Pengyang County in southern Ningxia region of China.

Keywords: rainwater harvesting and use; technology integrated; model

宁夏南部山区位于黄土丘陵沟壑区,地貌以中低丘陵为主,川台、梁峁、残塬、盆地相间分布,总土地面积 $3.88 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占自治区土地面积的 73%, 旱作农田 $8.00 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 是全国最贫困、最缺水的地区之一。年平均降水量 327 mm, 降水是当地最主要的水资源; 单位国土水资源仅 $2.54 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 约为全国均值的 8.60%; 单位耕地水资源 $720 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 人均径流资源量 314 m^3 , 是全国平均值的 13%。干旱缺水严重制约了山区农业的发展, 导致经济落后, 人民生活水平较低。20 世纪 90 年代以来, 为了推动南部山区的经济持续发展, 自治区大力开展了窖蓄微灌工程建设, 共建设集蓄降雨径流生产水窖 5.40×10^4 眼, 年蓄水达 $2.20 \times 10^6 \text{ m}^3$, 保证了 $1.60 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 农田生

育期抗旱用水, 推广集雨节灌技术已成为宁南山区农业经济持续发展的根本措施。但由于集雨节灌技术单一, 农业综合措施不配套, 特别是缺乏综合技术体系和技术模式的研究, 已不适应宁南山区大规模集雨节灌工程建设的需求。通过筛选、研究、技术集成适合宁南山区集雨利用技术模式, 对 $8.00 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 旱作农田的增产增收, 提高降水资源的利用率, 具有广阔的推广应用前景和重要意义。

1 示范区基本情况

宁夏彭阳县王洼示范区, 是国家在宁南山区设立的雨水利用集成示范区。示范区坡面组成为: $<5^\circ$ 坡面 9%, $5^\circ \sim 15^\circ$ 坡面 47%, $15^\circ \sim 25^\circ$ 坡面 26%, $25^\circ \sim$

收稿日期: 2003-04-26

修回日期: 2003-08-12

资助项目: 国家 863 计划“现代节水农业技术体系及新产品开发”重大专项课题资助(2002AA2Z4301)

作者简介: 刘学军(1965—), 男(汉族), 宁夏人, 副研究员, 主要从事节水灌溉及水利工程技术研究。电话(0951)2038404, (0951)2025059, E-mail: nx-lxj@163.com。

35°坡面 14%, >35°坡面 4%。土层厚度 50~150 m, 主要为细黄土、淡黑垆土和普通黑垆土, 植被属灌丛草原植被。示范区属中温带半干旱区, 年水面蒸发 1 360 mm, 多年平均降水量为 413.94 mm, 干燥系数 1.80。降水主要集中在 6—9 月, 且多以暴雨形式出现; 由于水热配合不佳, 降水滞后于夏粮作物需水期, 限制了水分利用。多年平均径流深约 19.36 mm, 多年平均径流量 $3.58 \times 10^5 \text{ m}^3$, 区内有水窖 71 眼, 土圆井 216 眼, 水窖和土圆井多以解决人畜和生活用水为主, 很少用于种植灌溉。沟道上有 2 座水库和 1 座塘坝, 修建了 2 座扬水站, 水库和塘坝年拦蓄水量 $1.79 \times 10^5 \sim 1.83 \times 10^5 \text{ m}^3$, 年水面蒸发消耗 $4.97 \times 10^4 \text{ m}^3$, 人畜饮水量 $3.60 \times 10^4 \text{ m}^3$, 灌溉用水量 $4.72 \times 10^4 \sim 5.20 \times 10^4 \text{ m}^3$, 未利用库存水量 $4.56 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2 雨水集蓄利用技术模式

根据多年集雨节灌工程建设的实践和经验、引进国内外集雨节灌技术模式研究成果^[1-2], 结合宁南山区自然和社会经济特点、旱作农田集雨节灌目标、集雨节灌方式、经济效益分析, 提出 5 种集雨利用技术集成模式(图 1)。

(1) 小流域集雨调配利用模式: 包括自然坡面集雨、道路网络集雨、流域内水库、塘坝等水资源的综合调配, 建立小流域集雨与区域水资源调配利用的技术集成模式。

(2) 坡面集雨与林草建设利用模式: 以荒山或人工林草覆盖等坡面集雨, 建立集雨工程与林草建设相结合的技术集成模式。

(3) 道路路面集雨补灌利用模式: 建立以道路路面集雨和旱地农田抗旱节水补灌为特色的技术集成模式。

(4) 庭院经济集雨利用模式: 建立以庭院、屋面及人工集水场为主要集雨场, 庭院经济节水灌溉的技术集成模式。

(5) 旱作农田微集雨高效利用模式: 建立以旱作农田土壤水库扩蓄增容, 高效蓄积为主要方式, 结合集雨、覆盖新材料的筛选利用, 抗旱优质品种栽培的高效用水模式。

3 技术集成与模式应用

3.1 小流域集雨、水库、塘坝调蓄、渠道、管道输水、沟台地喷灌、畦灌节水利用形式

3.1.1 集雨节水补灌工程形式 示范区现有 2 座水库(范新庄水库和斩蛟头水库)和 1 座塘坝(王洼塘坝), 汇水总面积 9.47 km^2 , 年拦蓄水量 $1.79 \times 10^5 \sim$

$1.83 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。在这 3 处水源附近共有沟台地 68.30 hm^2 , 其中王洼塘坝周围台地和范新庄水库西侧沟台地中已利用现有水源发展了部分水浇地, 但由于灌溉技术落后、设备老化等原因, 目前灌溉面积逐渐减少, 且没有保障。利用的主要形式是根据 3 处水源的蓄水量, 对原有灌溉设施进行改造, 同时新建部分节灌设施, 建设小流域径流库坝拦蓄+渠道、管道输水+沟台地节水喷灌、畦灌+节水农业配套技术示范面积 68.30 hm^2 , 增加灌溉面积, 提高灌溉保障度。

在对范新庄水库原井房、进水前池加固改造的基础上, 新建和维修 U 型混凝土斗渠、农渠, 发展小畦补水灌溉 30.33 hm^2 。王洼塘坝配套小型电潜泵, 新建小型浆砌石吸水池, 埋设 $\Phi 110 \text{ mm PVC}$ 输水主管、新建 U 型混凝土输水渠道, 并对已建设的田间渠道进行维修改造, 发展小畦补水灌溉 17.2 hm^2 。

斩蛟头水库利用罗洼饮水工程供水管线, 埋设 $\Phi 125 \text{ mm PVC}$ 主管, 配置给水栓、承插式移动喷灌设备, 发展补水喷灌 20.73 hm^2 。

3.1.2 节灌农业配套技术措施 筛选种植地膜玉米、地膜马铃薯、小麦、葵花、蔬菜等耐旱作物品种, 探索葵花+胡麻、玉米+豆类、玉米+平菇等立体种植模式, 使补水灌溉农田高效作物种植面积达到 70% 以上; 农业综合配套技术应用包括抗旱节水新品种的引进、抗旱增产剂技术、蓄水保土耕作技术、新型生物集雨材料、新型节水覆盖材料、地膜覆盖种植技术应用等。

3.2 坡面(荒山)集雨、引水渠导引、水窖蓄水、微喷、小管浇灌、坐水补灌节水利用形式

3.2.1 集雨节水补灌工程形式 根据地形在降雨径流集中的坡面下部或林草地中部和下部修建截流渠, 拦截坡面降雨径流, 并通过导引渠将径流导引至一侧的水窖中储存。在作物需水时利用手压泵、电潜泵、小型离心泵提水, 采用小管浇灌、坐水补灌^[3]; 在姬阳洼流域的沟道中, 由于降雨径流比较集中, 修建调蓄沉沙池, 拦截沟道降雨径流, 然后通过导引渠, 将拦蓄的径流引至渠道一侧的水窖中储存。以及在一些地势较平坦、径流较大的沟道中, 建设调蓄水源工程, 利用引水渠道将调蓄水源工程中的径流输送至周围坝地里, 建设坡面集雨+引水渠导引+水窖、窑窖+节水灌溉+林草建设技术示范面积 133.33 hm^2 。

3.2.2 坡面集雨节灌农业配套技术措施 坡面集雨节灌示范区种植地膜玉米、地膜马铃薯、豌豆、油料、葵花、黄花菜等作物, 少量坡地种植朝阳、中苜 1 号等苜蓿新品种, 农业综合配套技术包括抗旱节水新品种引进、抗旱增产剂、新型覆盖材料应用等^[4]。

3.3 道路路面集雨、引水渠导引、水窖蓄水、微喷、小管浇灌、坐水补灌节水利用形式

3.3.1 集雨节水补灌工程形式 截流渠对道路路面降雨进行集中拦蓄,然后通过导引渠,将拦蓄的径流引至导引渠一侧的水窖中储存。利用小型电潜泵或手压泵、PVC管、微喷灌设备等设施,提水灌溉水窖附近的农地,发展窖灌农业。建设道路路面集雨+引水渠导引+水窖+节水灌溉+节水农业配套技术示范面积 66.67 hm²。

3.3.2 道路路面集雨节灌农业配套技术措施 道路路面集雨节灌示范区主要种植膜侧冬麦、地膜玉米、地膜马铃薯、豌豆、油料、葵花、蔬菜等作物。农业综合配套技术措施主要包括蓄水保土耕作技术、抗旱作物品种筛选种植技术、抗旱保水剂、节水生化制剂应用等旱地农业技术。

3.4 庭院、屋面、荒坡集雨、引水渠导引、水窖拦蓄、庭院温室、大棚节灌工程形式

3.4.1 集雨节水补灌工程形式 根据示范区庭院、房屋屋面及居民区四周的荒坡降雨径流多,但可利用土地面积较少的特点,规划以水窖建设为主,配置提水、输水、微喷设备,重点发展庭院经济林、果蔬套种、大棚菌草、温棚蔬菜、温棚养殖等占地面积小、经济效益较高的庭院经济项目。其主要利用方式为:

(1) 庭院、屋面集雨+引水渠导引+水窖+庭院经济林+节水农业配套技术;(2) 庭院、屋面集雨+引水渠导引+水窖+蔬菜温棚+节水农业配套技术;(3) 庭院、屋面集雨+引水渠导引+水窖+菌草大棚+节水农业配套技术;(4) 庭院、屋面集雨+引水渠导引+水窖+草畜转化+温棚养殖。

集雨利用技术集成示范区建设集水场、引水渠、水窖,配置提水设施、微喷设施、输水设施,发展庭院集雨节灌灌溉面积 29.33 hm²。

3.4.2 庭院、屋面集雨节灌农业配套技术措施 利用庭院、屋面集雨,在村庄周围地形条件平整的台地、梯田上发展各种类型种植、养殖温棚。菌草大棚主要生产双孢菇、鸡腿菇、金针菇等;蔬菜温棚反季节种植茄子、辣椒、黄瓜、西红柿、豆角、小白菜、芹菜、韭菜等高效益蔬菜,以及反季节的礼品瓜、草莓等;养殖温棚结合退耕还林还草,发展养殖业,引进秸秆微发酵技术、青贮技术、微贮饲养技术及优质肉羊、牛等新品种,探索草畜转化的新途径。

庭园经济林以红梅杏、早酥梨、草莓、油桃、矮化桃等高效果园建设为主体,包括“果菜型”和“果苗型”2种主要形式,在果树幼园的行间套种辣子、西红柿、西甜瓜等矮生经济作物或优质果树苗木。

3.5 水平梯田径流就地拦蓄、土壤水库扩蓄增容、草畜转化、水资源高效利用形式

为提高水资源利用效率,主要采用生化抗旱剂、保水剂、节水材料等化学方法,使土壤水库扩蓄增容;应用覆膜栽培、膜侧栽培、秸秆覆盖、秸秆还田等物理方法蓄水保墒;示范推广免耕法、少耕法、高留茬深耕法等农业抗旱耕作技术;应用各种节水补灌技术,建立不同肥料、灌溉时期、补水量、补水方式的生产方式,使水肥耦合效益实现最优化;扩大经济作物、特色作物、创汇作物的种植比例,调整种植业结构,建设优质小杂粮原种基地;重点引进一批已定型、有潜力的旱地作物新品种,力争筛选出 2~3 个抗旱品种,配合草畜转化、优质抗旱作物种植等技术,发展径流就地拦蓄水资源高效利用,建设径流就地拦蓄+土壤水库扩蓄增容+节水农业配套技术面积 333.33 hm²。

3.6 土园井节灌工程节水利用形式

示范区土园井水源是降雨径流转化的一种形式,高效利用土园井水源是雨水利用的重要内容。王洼集雨节灌示范区现有土园井 216 眼,可利用土园井配套提水设备,种植膜侧冬麦、地膜玉米、地膜马铃薯、豌豆、油料、葵花、蔬菜等抗旱作物新品种、应用作物抗旱保水剂、节水生化制剂、蓄水保土耕作技术、新型生物集雨材料、新型节水覆盖材料、地膜覆盖种植技术,发展高效集雨节灌农业。各类雨水集蓄利用模式应用见图 1 所示。

4 效益分析

4.1 经济效益分析

各项集雨节灌农业综合配套技术模式经济效益分析详见表 1。

4.2 社会及生态效益分析

4.2.1 社会效益 宁南山区集雨利用技术集成模式的应用,可极大地提升我国北方半干旱集雨补灌旱作区节水农业综合技术体系的研究水平,特别是对降雨径流的高效拦蓄、利用,节灌农业配套技术的组装集成,提出在宁夏具有广泛应用前景的节灌技术模式,对该区旱地雨养农业的发展具有极其重要的作用。深入研究并提出小流域水资源综合高效利用、种植业结构调整、高效种植技术体系,可在该区 8.00×10⁵ hm²旱作农田得到广泛的推广应用,进一步改善当地群众的生产生活条件,提高抗御旱灾的能力,促进区域经济发展,使农业由传统广种薄收、粗放经营向高效集约化经营转变,并带动养殖业、加工业的全面发展,建立具有特色的、可持续带动地方经济发展的主导产业,加速干旱半干旱地区农民脱贫致富的步伐。

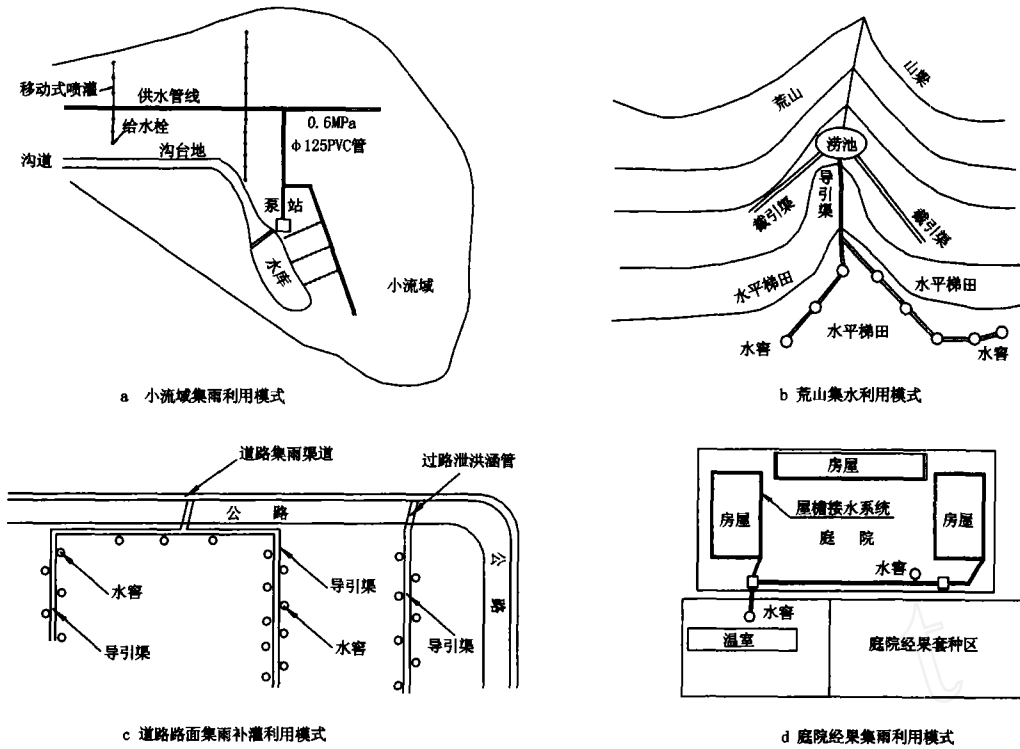


图 1 雨水集蓄利用模式应用简图

表 1 集雨节灌农业综合配套工程经济效益分析

集雨节灌技术模式及 集雨节灌工程名称	面积/ hm ²	平均工程 建设投资	平均工程 运行投资	平均增 收效益	项目工程 年效益/元	产投比	还 本 年限/a
小流域集 范新庄集雨畦灌	30.36	125.10	1 723.20	2 847.00	86 377.98	1.54	2.23
雨调配利 王洼塘坝集雨畦灌	17.20	77.85	1 548.30	2 847.00	48 968.40	1.75	1.20
用模式 斩蛟头集雨喷灌	20.75	444.00	2 086.20	3 009.75	624 422.80	1.19	9.64
坡面集雨与林草建设	28.00	1 464.45	1 384.05	3 840.00	102 400.00	1.35	5.79
道路路面集雨补灌	59.20	671.25	613.50	3 840.00	227 328.00	2.99	3.45
土园井节灌	10.00	62.01	519.00	2 874.75	76 660.00	2.52	2.38
庭院经济集雨利用	29.57	1 344 000.00	4 987 650.00	9 196 800.00	613 120.00	1.42	3.34
微集雨高效利用	33.33	—	302.25	544.95	80 900.00	1.80	1.00

注: ①庭院经济集雨利用模式工程建设投资、工程运行投资和增收效益均按工程整体计算; ②平均工程建设、运行投资项的单位均为元/(hm²·a)。

4.2.2 生态效益 开展北方半干旱区集雨补灌旱作区节水农业技术体系示范与推广,可最大限度地拦蓄、高效利用宝贵的降水资源,农民精耕细作种好集雨补灌农田,逐步使陡坡耕地退耕,种树种草。同时雨水集蓄工程可拦蓄大量的降雨径流,达到泥不下山、水不出沟,有效地减少水土流失,有利于逐步遏止宁南山区生态环境恶化的局面,提高植被覆盖度、涵养水源,使得山更绿、水更清。

[参 考 文 献]

[1] 吴普特. 中国西北地区水资源开发战略与利用技术[M]. 中国水利水电出版社, 2001. 251—259.
 [2] 吴普特, 黄占斌. 人工汇集雨水利用技术[M]. 黄河水利出版社, 2002. 49—57.
 [3] 顾斌杰. 雨水集蓄利用技术与实践[M]. 中国水利水电出版社, 2001. 75—89.
 [4] 张祖新. 雨水集蓄工程技术[M]. 中国水利水电出版社, 1999. 79—89.