

太行山小流域雨水集流与节水灌溉的研究*

李发东 张万军

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)

芝野 博文

张秋英

(日本东京大学 东京 489-0031) (河北师范大学生命科学院 石家庄 050016)

摘要 用H型量水堰和雨量计观测太行山小流域径流量、降雨量及可利用雨水资源结果表明,在太行山区实施小流域雨水集流投资少,可充分利用雨水资源,为山区经济发展创造了条件。太行山区雨水资源分配主要集中于5~10月份,2000年日降雨量 $>20\text{mm}$ 的总降雨量达399mm,在研究的小流域年内可集流水量 24.9万 m^3 ,加之小流域与下游高差达30~100m,为发展自压微灌提供了有利条件。鉴于山区水资源缺乏,应因地制宜发展节水灌溉技术如微灌、地膜穴灌、灌关键水、有限灌溉以及节水地面自流灌溉技术,并分析了在太行山区发展节水灌溉的可行性。

关键词 节水灌溉 小流域 雨水集流 太行山

Rainwater catching by small watershed and water-saving irrigation in Taihang Mountains LI Fa-Dong, ZHANG Wan-Jun (Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021), Shibano HIROFUMI (University of Tokyo, Tokyo 489-0031 Japan), ZHANG Qiu-Ying (College of Life Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016), *CJEA*, 2002, 10(1):68~71

Abstract The discharge, precipitation and utilizable quantity of rainwater resources were measured by H-type weir and rain gauge. The results show that catching rainwater by small watershed needs less investment and makes the best use of water resources which creates favorable conditions for economic development in Taihang Mountains. Rainwater resources in these areas are distributed mostly from May to October. The total precipitation (up to 20mm/d) is 399mm in the year of 2000. The quantity of catchable water in this year is 249 thousand m^3 in the studied watershed. Elevation difference between outlet of small watershed and lower reaches is from 30 to 100 meters. All of these supply a favorable basis for developing self-pressure micro-irrigation. Furthermore, water-saving irrigation, drip-irrigation, hole irrigation by plastic film, irrigating critical water, limited irrigation, and water-saving gravity irrigation and so on and should be expanded by adjusting measures to local conditions. Finally, the feasibility of developing water-saving irrigation in Taihang Mountains is analyzed.

Key words Water-saving irrigation, Small watershed, Rainwater catching, Taihang Mountains

太行山区地处中国华北平原西侧,位于 $N 35^{\circ} \sim 40^{\circ}15'$ 和 $E 112^{\circ} \sim 116^{\circ}$,北起拒马河,南至卫河,南北长约600km,东西宽180km。低山丘陵在太行山区具有广泛的代表性,由于受降雨垂直地带性分布和时空分异特点的影响,低山丘陵区降雨量在500~600mm,且季节性分布明显,降雨主要发生在6~9月,这给山区农业生产带来了很大不利,雨季土壤侵蚀严重,旱季少雨,加之植被稀少,蒸发量大,该区成为中国东西部之间主要生态脆弱带。目前农业灌溉仍采用传统方式,水资源浪费严重,加上人口增长和经济的发展,许多山区缺水严重,几近无水可采,缺水已成为制约太行山区农业、城镇工业发展的最主要因素。因此,保护水资源显得尤为重要,发展雨水集流工程调蓄雨水资源,实现水资源的可持续利用成为山区农业发展的根本。山区有众多的小流域,如何通过小流域将雨水集流用于旱季是干旱半干旱区水资源持续利用的重要课题。目前我国雨水集流技术主要集中于建造人工集流场^[1~3],对具有集流条件的自然集流场特别是大型自然集流场的利用尚少见报道。为此,探讨与研究了太行山区小流域雨水集流与节水灌溉技术。

1 试验地概况与试验方法

研究小流域位于中国科学院太行山山地生态试验站($N37^{\circ}52'44''$, $E114^{\circ}15'50''$),该区为典型的低山丘陵

* 中日合作项目、国家计划委员会微灌节水产业化示范工程项目共同资助

收稿日期:2001-02-04 改回日期:2001-04-30

区,海拔300~824m,属半干旱半湿润大陆性季风区,多年平均年降水量579.6mm,冬春干旱少雨,10月至翌年5月份降水量仅占年降水量的22.9%,夏秋炎热多雨,6~9月占77.1%,年均气温13.0℃,年均蒸发量1590mm。土壤母质以片麻岩为主,少量石灰岩和砂页岩,土壤为褐土,土质较贫瘠,pH值约7.7,全流域面积1103km²,可简单地划分为有汇流区和下游区2部分组成,其中雨水集流小流域面积为0.60km²,下游区面积为0.503km²,其中下游种植区面积约126hm²。集流小流域内地形较陡,典型坡度为30°左右,小流域出口与最高峰高差422m,距下游种植区30~100m,高差为下游发展微灌提供了有利条件。流域基岩为石灰岩,1年4季均有水流出流域出口,为一个较典型的封闭小流域。小流域内阳坡植被类型主要为酸枣,阴坡为杂草灌丛,沟谷有部分毛白杨、火炬树等乔木,植被盖度为30%~70%。下游种植区以种植冬小麦、玉米、甘薯及蔬菜等为主,果树主要有枣、核桃和柿子等耐旱果树。

小流域径流由H型量水堰测得,量水堰建于小流域出口处,堰基用水泥筑至出口基岩以防止渗漏。量水堰由3个出口组成,中间窄出口宽450mm,高1400mm,左右两边各1个宽出口,宽均为1450mm,高1000mm,堰厚500mm。在堰池左部安装1个日本产压力传感器(Water Memory, Meteorological Data Acquisition System, Model NHS-WP,精度1mm),每30min记录1次堰池内水位高度,通过实测出口处水位高度及其与仪器测量值的比较得出仪器实测水位高度,并通过下式计算小流域流量:

当 $h < H$ 时:

$$Q = \frac{2}{3} Cb \sqrt{2gh}^{\frac{3}{2}}$$

当 $h \geq H$ 时:

$$Q = \frac{2}{3} Cb \sqrt{2gh}^{\frac{3}{2}} + \frac{2}{3} CNB \sqrt{2g}(h-H)^{\frac{3}{2}}$$

式中, Q 为流量(m³/s), h 为出口处水位高度(m), H 为宽窄出口高差(m), b 为窄出口宽度(m), B 为宽出口宽度(m), N 为宽出口的个数为2, C 为系数,取0.6, g 为重力加速度9.8m/s²。降雨量及降雨过程由美国产翻斗式雨量计(Davis Instruments Corp., USA,精度0.2mm)及HOBO(Onset Computer Corporation, USA)数据采集器自动记录,并在附近安装1个普通人工雨量计(Φ20cm)作对照。

2 小流域水资源概况与集水潜力分析

观测结果表明,1999年11月至2000年10月降雨总量达663.2mm,降雨主要发生在5~10月,占年降雨量的98.2%,11~4月仅占0.8%(见图1)。此外,该年度总降雨量较多年平均值高83.6mm,主要表现在5月和10月降雨量增多,其中10月降雨量为上年的近4倍达78.6mm。日降雨量>5mm的有效降雨主要发生在5~10月,总降雨量达592.8mm,其中日降雨量>20mm的总降雨量达399mm,是流域雨水集流的良好条件。

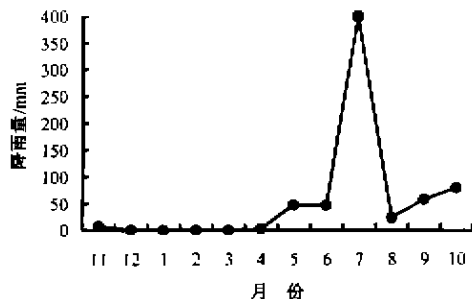


图1 小流域年降雨量分配(1999~2000)

Fig. 1 Precipitation in small watershed from Nov. 1999 to Sep. 2000

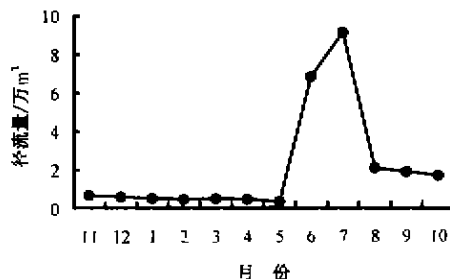


图2 小流域流量月变化

Fig. 2 Monthly variation of discharge out of small watershed

小流域雨水集流与人工集流场雨水集流不同,雨水降至流域后一部分被冠层截留而蒸发,另一部分降至地面后入渗土壤形成土壤水或产生深层渗漏补充至地下水,剩余部分以地表径流的形式汇集至小流域出口处,其中土壤水还将通过地表蒸发及植物蒸腾损耗进入大气。按降雨量>20mm的总降雨量计算,面积0.6km²的集流小流域年内雨水资源总量约为24万m³。而雨水资源消耗及存储于小流域后,出口处径流量

才是下游种植区真正可利用的水资源。观测结果表明,小流域年径流量达 24.9 万 m^3 ,径流量年内分配不均,与降雨量变化趋势大致相同,主要分布在6~10月,在旱季(11~5月)逐渐下降(见图2),11月至翌年5月径流量减少 $8.3 \text{ m}^3/\text{h}$,其中10月径流量较高可能与其降雨量大有关。由于径流量即小流域最大可集水量,故该小流域年内可集水 24.9 万 m^3 ,以冬小麦-玉米1年两熟制耗水量为 $7500 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 计算,将上游全部径流收集可灌溉作物面积 33 hm^2 ,为现种植面积的2.6倍,即在适当开发及保证水土不流失的前提下,下游种植区面积可进一步开发。

3 小流域雨水集流工程技术与节水灌溉

3.1 小流域雨水集流工程技术

雨水集流工程即利用自然和人造集流场,将降雨及径流收集到特定的储水场所供工农业发展。目前集流工程技术很多,雨水集流工程主要分为两部分,一是集流场,如村庄道路、屋顶、农户庭院、相对规则的荒坡以及人工建造的集流场等;二是储水工程,如水库、塘坝、水池及小蓄水池、水窖和水桶等,小流域集流是指通过在供水水源区的封闭小流域出口处收集自然降雨及流域泉水、季节性流域径流,将水量引至储水设备中供缺水期使用,实现雨水的可持续利用。流域雨水集流不需要修建大型集流面,主要在蓄水工程方面投资,节约资金且易施工,经济实用,充分利用了地形优势,可以进一步发展微灌等高效节水技术。其主要技术措施为沿河道修建若干个直径6m,深6m,上部留小口的储水池(水窖),底部及侧面用油毡封严,各水池间用管径60~100mm的塑料管从距底部1m高处相连,出口处用阀门控制水量,水池修筑排水沟以防止水池淤积,用塑料管将上游流域出口处径流引至海拔最高的水池以减少输水损失。

3.2 山区节水灌溉技术

太行山区水资源紧缺,降雨年际分配不均,时空差异大,在该区集流的水资源更应发展节水灌溉,不宜采用传统大水漫灌的地面灌溉方式,并应把握各种作物(主要是冬小麦和玉米)的需水关键期灌关键水,进行有限灌溉或限水灌溉。

微灌技术是指利用专门设备将有压水流变成细小的水流和水滴,湿润作物根部附近土壤的灌水方法,包括滴灌、微喷灌、渗灌和涌泉灌溉等。微灌流量小,每次灌水时间较长,灌水均匀度高,且需要的工作压力低,由于只灌溉作物根部附近土壤可节省大量灌溉水,此外微灌地表不产生积水和径流,不破坏土壤结构,是高效节水灌溉措施之一。研究表明,与漫灌相比,微灌可节水60%~70%,灌溉水利用系数达0.90~0.95。据计算,果树需水高峰期微喷灌耗水强度为 4.2 mm/d ,滴灌为 3.2 mm/d ,以果树平均生长期100d、面积 12.6 hm^2 计,全部用于种植果树实施滴灌需耗水 4.28 万 m^3 ,微喷灌需耗水 5.54 万 m^3 。不管哪种微灌方式,基本上都包括水源工程、枢纽工程、输水管网和灌水器4部分,小流域因与下游有天然的高差形成压力,不需要人工手压泵或微型电泵提水,可大大节约资金,解决了水源工程问题,其他3部分均需较高的投入。微灌虽具有收效快的特点,但在山区实施高效密集型设施农业仍有一定难度,因此在山区实施高效微灌节水技术应因地制宜,在有一定资金、技术保障前提下选择经济价值高的特色作物、果树或药材大有可为。

地膜穴灌技术又称膜孔灌,即利用塑料薄膜输水,通过膜孔(包括放苗孔和专用灌水孔)浇灌作物,可减少灌溉水的损耗,防止水流对土壤冲刷而影响土地平整,造成的土壤板结和养分淋溶,且投资少、操作简便、易于控制水量,减少了土壤水深层渗漏和蒸发损失,是一种低投入、高产出的现代灌水技术。地膜穴灌灌水均匀度较高,研究表明在畦宽1.0m、畦长250m、入膜流量 $0.61 \text{ m}^3/\text{s}$ 、灌水定额 $120 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 时,灌水长度达500~800m时仍较均匀,膜孔灌适用于棉花、玉米、瓜菜等相对稀植的作物。

灌关键水及有限灌溉技术,太行山区许多春播作物播种期(4~5月)通常较为干旱,即使有降雨也多为 $<5 \text{ mm}$ 的无效降雨,而在作物出苗后即进入雨季,至收获期一般均可满足作物水分需求。因此苗期特别是播种期成为其需水关键期,为保证全苗壮苗可采用抗旱坐种水技术,即开沟、浇水、点种、施肥、覆盖和镇压,该方法可保证播种质量,出苗率达95%以上。故把握主要作物的需水规律和需水关键期可有效进行灌溉,达到节水的目的。太行山区主要作物冬小麦总需水量为388mm,最大需水期为拔节~成熟期,需水临界期为孕穗~灌浆期,灌溉定额为 $1200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,共浇3次水,分别于冬灌、返青~拔节期、抽穗期各浇1次水;玉米总需水量为366mm,最大需水期为抽雄~灌浆期,需水临界期为大喇叭口期,灌溉定额为 $1200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,共浇2次水,分别于抽雄期、灌浆期各浇1次水。

节水地面自流灌溉技术不是简单的大水漫灌,而是通过平整土地规划畦田,同时与上述节水灌溉技术相

结合,充分发挥地面自流灌溉水有效利用率,提高灌溉水水分生产率和作物水分利用效率,从而达到节水灌溉的目的。实行地面自流灌溉的田地必须首先进行土地平整,山区地块面积小且基本为人工平地,平整土地基本要求为平整后的田面应满足灌水均匀和节水的最佳坡度,一般纵坡为 $1/1000 \sim 1/1500$,横坡水平;保证灌溉水进入畦田后能均匀地在畦田畅通流动,减少深层渗漏损失;不宜深翻土壤,保证耕地肥力;并结合农艺节水技术确定适宜的灌溉定额(见表1)。

表1 作物与果树灌溉定额

Tab.1 Irrigation quota of main crops and fruits

项 目 Items	夏粮 Summer crops	秋粮 Autumn crops	果树 Fruit trees	蔬菜 Vegetables
生育期灌溉定额/ $m^3 \cdot hm^{-2}$	675~900	450~675	450~900	900~1050
每次灌水定额/ $m^3 \cdot hm^{-2}$	225	225	225	180
灌溉次数/次	3~4	2~3	2~4	5~6

4 小 结

流域集流灌溉充分利用了自然小流域汇流的特点,将雨水集流灌溉的3个环节即水源工程、蓄水工程和灌溉工程缩减为2个环节,既节约投资,充分利用了流域径流,又可保护水源区植被及生态环境不受破坏,调蓄了小流域水资源,为农业生产提供了保障。但发展流域雨水集流灌溉有2个必不可少的条件,一是有山,有小流域;二是小流域有水可集,而不是全部被土壤所吸收或直接转换为地下水。该工程与节水灌溉技术适宜在广大有泉水水源或小流域径流的干旱半干旱山区推广。

参 考 文 献

- 1 周 侃,秦富华等. 雨水集流补灌是开发旱作农业生产潜力的有效途径. 甘肃农业科技,1997(11):2~3
- 2 李少斌. 大力发展和推广集水补灌技术. 节水灌溉,2000(5):39~40
- 3 张祖新. 我国北方雨水集蓄与节水灌溉节水. 节水灌溉,2000(3):13~14
- 4 曹太林,孟兆江,王和洲. 农业高效用水及农艺节水技术. 节水灌溉,1999(4):7~10
- 5 李振海,史 群. 集雨灌溉. 节水灌溉,1999(4):37~38
- 6 邓西平,山 仑. 旱地春小麦对有限灌水高效利用的研究. 干旱地区农业研究,1995(3):42~45
- 7 吴玉芹,史 群. 微灌. 节水灌溉,1999(2):35~38
- 8 徐首先,梁 军. 膜孔灌简介. 节水灌溉,1999(5):34~36
- 9 张祖新. 庭院种植、微灌技术与生态农业. 生态农业研究,2000,8(4):87~89
- 10 吴 凯,唐登银,谢贤群. 黄淮海平原水量变化对农业生产力的影响及对策. 中国生态农业学报,2001,9(1):40~42

·新书征订·

欢迎订购《福建山地土壤研究》

由福建师范大学自然资源研究中心陈健飞教授和朱鹤健教授合撰的《福建山地土壤研究》专著已由中国环境科学出版社出版发行。该书由中国科学院南京土壤研究所龚子同教授作序,全书21万字,分上、下篇,上篇在综述福建山地土壤形成特点的基础上,鉴定了主要山地土壤的诊断层和诊断特性,深入研究了该省土壤水分和温度状况类型及其分布;检索确定了代表性土壤剖面的分类归属及分类参比;首次提出福建土壤系统分类检索表(草案);归纳出基于系统分类的福建山地土壤分布基本模式及其区域分异;对中国土壤系统分类提出若干修订意见;揭示土壤系统分类在土壤持续利用中的应用价值;报道了中国土壤系统分类基层分类东南样区阶段性研究成果。下篇则以山地土壤的主要农用类型——农地为研究对象,根据在样区首次测定的土壤各土层水分特征曲线,阐明该地区农地土壤水分特性及其调控机理;分析探讨了农地土壤养分态势及其培肥途径。该书内容丰富,资料翔实,并附有64幅自然景观、典型土壤剖面 and 土地利用的彩色照片,可供从事土壤、资源、生态、环境等学科的专业人员、高等院校师生以及农、林、水利等生产部门业务人员参考,每册定价19元,全国各地新华书店经售。需购买者也可直接与著者联系,地址:(350007)福州市福建师范大学自然资源研究中心林芳收,电话:(0591)3465214,电子邮箱:zjifchen@pub5.fz.fj.cn。