

DOI: 10.19807/j.cnki.DXS.2021-02-037

黄土丘陵区治沟造地新造地田间高效用水技术

杨金贵¹, 马理辉^{2,3}, 王占礼^{2,3}, 涂雯¹, 符素华⁴, 崔乐⁵

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4. 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875; 5. 黄河水利委员会绥德水土保持科学试验站, 陕西 榆林 919000)

[摘要] 针对黄土丘陵区治沟造地新造地发展农业生产缺水的问题, 提出适宜新造地的田间高效用水技术体系, 包括田间雨水高效利用和排洪渠雨水存蓄利用两个部分。计算得出了丰水年玉米的灌溉需水量为 460.5 mm/亩、平水年 615.2 mm/亩、枯水年 705.5 mm/亩; 丰水年马铃薯的灌溉需水量为 314.3 mm/亩、平水年 346.2 mm/亩、枯水年 364.8 mm/亩。提出了地下暗管输水、滴灌、垄沟种植、覆盖等技术的应用参数。制定了玉米和马铃薯在滴灌、喷灌和地下暗管输水条件下的灌溉制度, 能为治沟造地新造地田间高效用水管理提供参考。

[关键词] 高效用水技术; 灌溉制度; 治沟造地; 黄土丘陵区

[中图分类号] S275.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-1184(2021)02-0113-03

1 概况

治沟造地对于在黄土高原增加耕地面积、保障粮食安全、保护生态环境、促进社会主义新农村建设具有积极的意义^[1]。黄土丘陵区治沟造地创造了集中连片的平整土地(见图1), 平整的土地有利于降水就地入渗, 进而增加粮食单产。根据延安治沟造地办的调查, 延安平整土地种植玉米、大豆、糜子和马铃薯产量比坡耕地增加 41%、60%、91% 和 130%。但是, 调查还发现 2013 年完成的部分治沟造地示范工程, 有的已经荒芜, 演替成了灌丛草地。分析其原因, 一方面是因为农村青壮年劳动力输出, 农村空心化造成劳力不足, 无暇顾及新造地的耕种。另一方面, 新造地缺乏配套的水利设施, 少有灌溉条件。黄土丘陵区地处干旱半干旱区, 年降水量少(340~430 mm)、分布不均匀(集中降雨在 7-9 月), 而且多以暴雨的形式出现。干旱缺水是该区农业发展的主要瓶颈之一。没有灌溉配套设施、没有高效用水技术, 新造地的规模化种植随时会遇到障碍。因此治沟造地工程实施过程中, 需要配置高效用水技术来支撑新造地的农业生产。2013 年国土资源部、财政部等批准延安市实施治沟造地重大工程, 总规模 50.67 万亩。如果几十万亩的新造地能配套高效用水设施和技术, 那将大大提高新造地的生产力。

治沟造地在黄土丘陵沟壑区形成了相对平整的土地, 发展农业需要解决水的问题。如何充分利用雨水资源发展农业生产是治沟造地水土资源高效利用的一个重要技术环节。目前, 我国已经初步形成了适合国情且具有一定先进性的节水灌溉和配套农业技术体系, 也初步形成了发展节水灌溉和旱地农业的支撑产业, 保证了农业高效用水事业的健康发

展。在水资源的综合开发和联合应用、渠道防渗、低压管道输水、喷灌、微灌、集雨灌溉、农艺节水、生物节水等技术方面, 形成了井灌类型区、渠灌类型区、天然降水富集灌溉区、干旱区、多灌溉水源联网调度类型区、山丘雨水汇集贮存类型区农艺高效用水模式与产业化示范, 建立了一批有特色的水资源高效利用综合技术体系^[3,4]。因此本研究拟借鉴已有的农业高效用水技术模式, 针对黄土丘陵沟壑区的治沟造地流域, 筛选出适宜的工程、农艺、生物、管理等单项技术, 科学进行集成和组装配套, 最大限度地实现该区域的水土资源高效利用, 为黄土高原丘陵沟壑区的生态环境高质量发展、乡村振兴提供保障。



图1 陕西省延安市安塞区杏树窑子沟村治沟造地工程

2 高效用水技术集成

2.1 技术选择的原则

在农业生产效益普遍较低的情况下, 治沟造地新造地使用高效用水技术时要把握两个原则。一方面要减少额外的材料和劳力的投入; 另一方面, 尽可能地提高水资源的利用率。这两个原则是互相冲突的, 因而所选用的技术不仅仅是单一的技术, 而是成套的系统技术。

[收稿日期] 2020-12-16

[基金项目] 国家重点研发计划(2017YFD0800502); 陕西省重点研发计划(2020NY-155)

[作者简介] 杨金贵(1995-), 女, 湖北武汉人, 在读硕士研究生, 主攻方向: 水土资源高效利用。

[通讯作者] 马理辉(1979-), 男, 福建长汀人, 副研究员, 研究方向: 滴灌水肥一体化。

2.2 适宜的技术类型

治沟造地新造地可利用的水源有两类:降水和蓄水设施的水。首要的是雨水资源高效利用方面的技术,其次是减少土壤水分蒸发的技术。高效用水技术包括蓄水设施的设计与布设、灌溉系统的设计与布设、以及田间雨水高效利用技术三部分。

表 1 玉米生育期需水量和有效降雨量

生育期	ETO /mm	Etc /mm	有效降雨量均值/mm	有效降雨量/mm		
				丰水年	平水年	枯水年
播种 - 出苗	64.8	48.8	15.6	23.7	9.0	4.4
出苗 - 拔节	225.1	173.7	46.4	65.7	39.6	25.8
拔节 - 抽雄	227.6	294.3	129.7	197.1	86.1	44.9
抽雄 - 成熟	254.3	399.0	142.3	186.3	133.1	100.1
合计	771.8	915.8	334.0	455.3	300.6	210.3

2.2.1 蓄水设施的设计与布设

蓄水设施是治沟造地流域农业用水和景观用水的重要保障。蓄水设施兴利库容时须考虑投资、地形、灌溉面积及灌溉作物四因素。当考虑灌溉作物需水量时,一般考虑最不利时(即枯水年,一般为 75% 所对应代表年)的作物需水量作为蓄水池容积的设计基础。因此流域内主要作物灌溉制度的确定是流域蓄水设施兴利库容设计的基础。本研究根据黄土丘陵沟壑区的典型作物制定了其灌溉制度,可为兴利库容的设计提供技术参数。

1) 黄土丘陵沟壑区主要作物的灌溉制度

(1) 典型年的确定

收集延安市安塞区 1998 - 2017 年的气象资料,应用

表 3 玉米灌溉需水量和实际滴灌需水量

生育期	灌溉需水量/mm			灌溉次数/次			实际灌溉需水量/m ³		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
播种 - 出苗	25.1	39.8	44.4	1	1	1	30	30	30
出苗 - 拔节	108.0	134.1	147.8						
拔节 - 抽雄	97.2	208.2	249.4		1	1		30	30
抽雄 - 成熟	212.7	266.0	298.9		1	2		30	60
全生育期	460.5	615.2	705.5	1	3	4	30	90	120

表 4 马铃薯灌溉需水量和实际滴灌需水量

生育期	灌溉需水量/mm			灌溉次数/次			实际灌溉需水量/m ³		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	平水年	枯水年
苗期	45.5	61.3	66.2	1	1	1	30	30	30
块茎形成期	56.6	82.4	96		1	1		30	30
块茎膨大期	40.4	75.3	88.2	1	1	2		30	60
淀粉积累成熟期	133	151	162.2		1	1		30	30
全生育期	314.3	346.2	364.8	2	4	5	30	120	150

Penman - Monteith 法计算参考作物蒸发蒸腾量(ET₀),参照文献资料确定主要作物的作物系数,计算出作物需水量(Etc)。根据 1998 - 2017 年的降水量资料,以 5 mm 作为有效降雨量的界限,提取出有效降雨量。确定理论频率曲线,根据偏差系数 C_s 查皮尔逊 III 型曲线的离均系数 Φ_p 值表确定 Φ_p 值,用公式 X_p = X(C_v* Φ_p + 1),取 p 为 20%, 50%, 75% 计算出丰水年,平水年,枯水年的有效降雨量(玉米的参数见表 1,马铃薯的参数见表 2)。

表 2 马铃薯生育期需水量和有效降雨量

生育期	ETO /mm	Etc /mm	有效降雨量/mm	有效降雨量/mm		
				丰水年	平水年	枯水年
苗期	152.4	64.0	9.9	18.5	2.7	0.0
块茎形成期	296.0	105.3	29.6	48.7	22.9	9.4
块茎膨大期	203.8	161.5	100.0	121.1	86.3	73.3
淀粉积累成熟期	240.7	251.4	103.6	118.4	100.4	89.3
合计	892.9	582.3	243.0	268.0	236.1	217.5

(2) 灌溉需水量确定

由作物需水量与有效降雨量的差值,计算得水肥充分供应条件下作物的灌溉需水量。将丰水年玉米灌溉需水量是 460.5 mm,换算单位,每亩需要灌溉 306 m³。依次类推得到不同水平年的灌溉需水量。实际上,当地农民在丰水年不灌溉,产量也有保障。最有可能的情况是,在播种时灌一次水,每亩滴灌情况下需要 30 m³。按这样推理分析,种植户生产玉米和马铃薯的实际灌溉次数与实际灌溉需水量(见表 3 和表 4)。

当水量充足时,可以根据表 3、表 4 中不同水平年的灌溉需水量,进行全生育期的灌溉,满足作物生长对水分的充分需求。但是,绝大部分年份降雨量是不足的,种植户只能在作物的不同生育阶段,进行选择性地灌溉。

(3) 灌溉制度的制定

生产实际中,我们提倡在作物关键需水期进行灌溉^[5],主要作物的关键需水期^[6]见表 5。不同灌溉类型下主要作物的灌水次数和次灌水量见表 6 所示。实际应用时,根据实时的降雨情况,灵活调整灌水次数和灌水量。雨季时,利用蓄水设施蓄满水,以备干旱时使用。

表 5 主要作物的关键需水期(延安地区)

主要作物	关键需水期	所在月份
马铃薯	苗期	5 月上旬
	块茎形成期	6 月下旬
	块茎膨大期	7 月下旬
玉米	苗期	5 月上旬
	拔节期	6 月中旬
	抽雄期	7 月中旬

表 6 主要作物的灌溉制度

灌溉形式	马铃薯		玉米	
	灌水次数/次	次灌水量/ m^3 /亩	灌水次数/次	次灌水量/ m^3 /亩
滴灌	10~12	15.6	4~6	28
喷灌	6~9	22.6	2~4	22.6
暗管输水	2~4	40	2~3	40

2) 蓄水设施的布设

新造地采用侧向引水的方式,从排洪沟上游处修建引水渠。排洪沟和引水渠应同时规划、同时建设。蓄水设施可为水窖或蓄水池。蓄水设施尽可能修筑或安置在高位,便于自流灌溉,节省能源。但为了更好地蓄积洪水,供枯水期用水,在流域农业需水量较大时可考虑在沟底建设蓄水池或塘坝。为保障蓄水设施的汛期安全,蓄水设施需设置溢洪道,使蓄水设施蓄满后多余的水能从排洪沟流走。

在用水时,优先采用自流的用水方式。地形高差较小时,须采用潜水泵或管道增压泵抽水,动力可选择电力、柴油发电机发电或太阳能动力。

2.2.2 灌溉系统的设计与布设

有了蓄水设施存蓄的水或可利用的地下水,就可以利用灌溉技术来实现高效用水。考虑可利用的水量有限,不宜选用畦灌、沟灌等亩耗水量较大的灌溉类型,采用更为高效的地下暗管输水、滴灌等灌溉类型。

地下暗管输水按照《低压管道输水灌溉工程技术规范 SL/T 153-95》的要求,进行田间干支管的规划、设计和安装,选择满足灌溉质量要求的管材、管件、以及附属设施。一般情况下,采用耐压等级为 0.32 Mpa 的 U-PVC 管,以自流的方式将蓄水池的水引到每个地块,埋深 0.5 m 以下,低洼

处设置排水,田间设置给水栓出水口,给水栓的间距为 30~60 m 之间。

滴灌按照《微灌工程技术规范 GB/T 50485-2009》进行规划设计。果园根据树龄和树体大小,采用一行一管、一行两管、环形等方式布置滴灌管。采用滴头流量 2~4 L/h、滴头间距 0.5 m、壁厚 0.8 mm 以上的滴灌管。支管一般采用 $\phi 50$ 、耐压 0.63 Mpa 的 UPVC 管。根据流量大小,每个灌水小区的总流量控制在 5~10 m^3 之间;根据地形,每块梯田设计为单独的灌水小区;根据各家各户,不同户主地块分开设计为单独的灌水小区。灌水小区划分的目的是,一方面,在水量不足时,灌水小区内能进行均匀地滴灌;另一方面,减小管道流量,减小干支管的口径,从而降低管网造价。

2.2.3 田间雨水高效利用技术

适宜黄土丘陵区治沟造地田间雨水高效利用的技术类型包括:少免耕技术、垄沟种植技术、覆盖技术、生化保水增渗技术等四大类。

少免耕技术,即在作物播种前少用、不用犁耙整理土地,播后作物生育期间少用、不使用农具进行土壤管理。垄沟种植技术,宜垄作种植的作物采取垄作方式,借助畜力、机械起垄。马铃薯宜单垄单作,垄距 0.7~0.9 m,垄高 0.2~0.4 m。覆盖技术,覆盖物可为地膜或秸秆。玉米可采用地膜覆盖,宽行 0.6 m、窄行 0.4 m,膜侧种植。秸秆覆盖厚度建议为 2~5 cm。生化保水增渗技术,高价值经济作物种植应使用保水剂、土壤扩蓄增容剂。

对平作、垄作、覆膜和秸秆覆盖 4 种旱地高效用水技术种植春玉米的试验发现,春玉米产量、水分利用效率和降雨利用效率均是覆膜 > 秸秆覆盖 > 垄作 > 平作,这为田间雨水高效利用技术的选择提供了一定的依据。

3 结语

黄土丘陵区治沟造地工程形成了大面积平整的土地,干旱的气候条件限制了规模化农业的发展。本文建议在减少投入的前提下,尽可能地应用高效用水技术,一方面提高田间雨水的利用率、另一方面增加水利设施利用排洪渠的水进行灌溉。尽力保障在作物关键需水期,能够进行灌溉,以获得较高的产量。

参考文献

- [1] 陈怡平, 骆世明, 李凤民, 等. 对延安黄土沟壑区农业可持续发展的建议[J]. 地球环境学报. 2015. 6(5): 265-269.
- [2] 许迪, 龚时宏. 现代农业高效用水技术研究发展趋势与重点[J]. 武汉大学学报. 2009. 42(5): 554-558, 581.
- [3] 康绍忠, 许迪. 我国现代节水高新技术发展战略的思考[J]. 中国农村水利水电. 2001. 10: 25-29.
- [4] 吴普特, 冯浩. 中国节水农业发展战略初探[J]. 农业工程学报. 2005. 21(6): 152-157.
- [5] 罗俊杰, 杨封科, 高世铭. 黄土高原半干旱区集雨补灌灌溉制度研究[J]. 灌溉排水学报. 2003. 22(3): 25-28.
- [6] 张圆, 方玉川, 汪奎, 等. 榆林市马铃薯品种比较试验[J]. 农业科技通讯. 2020. 8: 170-172.