

黄土高原地区的山坡地降雨 径流利用与节水灌溉技术

李建牢 赵光耀

(黄河上中游管理局 西安 710043)

摘 要 黄土高原地区年降雨量大多在 350~450mm,干旱是限制山坡地农业生产的主要因子之一,该区群众在多年实践中总结出一套行之有效的雨水利用与节水灌溉技术措施,有效地保护了山坡地土壤资源,提高了水资源利用率,总结分析这些措施的技术特点、条件、效益及应用前景,对黄土高原地区山坡地水资源利用和生态农业建设具有十分重要的意义。

关键词 山坡地 降雨径流 节水灌溉

The Rain Runoff Use and Saving Water Irrigati on Technology in Slope Land of Loess Plateau

Li Jianlao Zhao Guangyao

(The Management Bureau of the Middle Yellow River Basin,
Yellow River Management Committee Xi'an 740043)

Abstract Yearly average rainfall is 350~450mm in Loess Plateau. Drought is a important factor to limit crop production in slope land. The local farmer already summarized a set of cultural methods of rain use and saving water irrigation, which protected land resources effectively and increased water resource use rate. The summarization on technologic characters, conditions, benefits, and utilizing foreground might accelerate water resources use and construction of ecological agriculture.

Key words slope land rain runoff saving water irrigation

1 前 言

黄土高原地区年降雨量大多为 350~450mm,远低于全国平均值 648.4mm 和全球陆地平均值 800mm,农耕地地表水仅为 $513 \sim 2\,088 \text{ m}^3 / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,是全国平均值的 1.9%~7.9%。受纬度

和地形等因素影响,降雨时空分布差异较大且多以暴雨形式出现,西北部宁南、陇中及青东地区的年降雨量仅为150~250mm。由于该区降雨强度大,加之山坡地分布广、土壤蓄水能力和植被条件都很差,降雨极易形成地表径流流失。该区群众在多年实践中总结出一套行之有效的山坡地降雨径流利用和节水灌溉技术措施,有效地保护了山坡地土壤资源,提高了水资源利用率,其主要为3个方面:坡耕地降雨径流利用技术;荒坡及非生产地降雨径流利用技术;节水灌溉技术。总结分析这些成果,对于探讨黄土高原地区山坡地水资源高效利用模式,提高区域山坡地治理质量具有十分重要的意义。

2 坡耕地降雨径流利用技术

坡耕地雨水利用技术可以分为以改变微地形为主的蓄水耕作技术和以增加地面覆盖、改良土壤为主的土壤保墒技术。垄作区田、水平沟种植、抗旱丰产沟等等高耕作技术是最基本的水土保持技术,一般都能起到保水、保土、增加农作物产量的作用,这些措施操作简单、费省效宏,在目前坡耕地还不能完全改造成水平梯田的情况下仍具有普遍的推广意义。但在气候特别干旱的地区,开沟起垄增加了土壤蒸发面,易于造成土壤水分损失,从而影响农作物生长,宜采取先平作后开沟起垄的方法。草田轮作、间作套种等技术能有效地增加地面覆盖、减少土壤水分蒸发,同时能够增加地面糙度、减少坡面流速、增加降雨入渗量。草田轮作又有改良土壤理化性状、调节土壤水分状况、提高土壤肥力和增加农作物产量之功效,尤其适合于地广人稀地区推广。

2.1 草田轮作、间作套种技术

实验证明:轮作中各类作物的经济产量和生物产量与其生育期及生育期耗水量有明显的相关性,合理的轮作能够使养地作物与耗地作物、生育期长的作物与生育期短的作物、深根作物与浅根作物有机地结合起来,可以起到改善土壤理化性状、协调土壤水肥供应和提高农作物产量的作用。在坡耕地上把农作物与牧草按一定面积比例进行带状间作,既能增加地面覆盖,减少蒸发,又能拦蓄地面径流,增加土壤入渗,提高径流利用率和农作物产量。根据黄委会天水水保站梁家坪试验场1954~1956年试验资料(见表1):坡地草田间作具有明显的蓄水保土效果。其中草木樨与扁豆、谷子轮作,3年平均减少径流量68%~75%,减少侵蚀量50%~72%。间作紫花苜蓿与一般农作制比较,第二、三年的径流量分别减少55.1%和87.1%,侵蚀量分别减少93.8%和94.5%。

2.2 田间蓄水保墒技术

田面覆盖是一项简便实用的田间蓄水保墒措施,它不仅能提高田面糙率、增加径流入渗,而且能有效控制田面蒸发,提高土壤水分有效利用率。甘肃省定西地区水保所综合对比试验结果表明:采用地膜、秸秆、砂石等覆盖田面比对照增产41.5%~67.2%,而采用增施化肥、农家肥、深耕等措施的增产幅度一般仅为15%左右。一般来说,春小麦地以播种后覆盖地膜、开始拔节时覆盖秸秆,并且常年覆盖的增产效果最好。从作物生育期耗水量看,覆盖比对照平均减少15%,相当于同期降雨量的17.8%左右;从作物对土壤水分利用率看,覆盖比对照提高45.77%。覆盖方式对土壤水分利用率和作物产量的影响效果完全相同。

表 1 草田间作措施蓄水保土效益表			m ³ /hm ² 倍	
试验分组	试验处理与比较	径流量	产沙量	试验时间
1 组	冬小麦、谷子、苜蓿间作制	5.38	0.16	1954 年
	冬小麦、谷子、荞麦农作制	3.80	0.06	
	间作制:农作制	1.416	2.660	
2 组	玉米、大豆、苜蓿间作制	18.40	0.13	1955 年
	玉米、大豆农作制	41.30	2.09	
	间作制:农作制	0.449	0.062	
3 组	扁豆、谷子、苜蓿间作制	33.16	0.82	956 年
	扁豆农作制	257.80	14.79	
	间作制:农作制	0.129	0.055	

资料来源:黄委会天水水保站水土保持试验研究成果资料汇编。

2.3 水平沟种植技术

水平沟种植法就是畜力套二犁的办法在坡耕地上沿等高线开沟,将种子与肥料撒于沟内,形成一沟一垄的耕作方法。辛业全等人为期 4a 的多点实测资料表明:水平沟种植可以有效拦蓄地表径流,使土壤含水率显著提高。在黄土丘陵沟壑区第二副区的延安地区,山坡地水平沟种植与传统耕作法相比,谷子和马铃薯每公顷产量平均增加 997.5kg 和 4 519.5kg,小麦、大豆、糜子等其它作物每公顷产量增加 441~858kg。延安市李渠乡在 1979 年持续 50d 干旱情况下,坡地平作种植谷苗几乎全部死亡,而水平沟种植谷子保苗率达 70%以上。据延安地区水电局对 30 个径流小区的观测:当 15°的荒坡产生 20mm 径流深时,同坡度的水平沟种植地基本上不发生径流;当产生 30mm 径流时,水平沟种植地产生的径流深仅为 1~3mm。因此,水平沟种植是拦蓄坡地径流,增加土壤水分,提高径流利用率的重要措施。

2.4 沟垄种植技术

沟垄种植又称垄作区田。就是在水平沟的基础上,为防止因水平沟不等高而造成径流汇聚,每隔一定距离打一横档的种植方法。据黄委会天水水保站梁家坪试验场径流小区观测资料(见表 2):采用垄作区田耕作技术的坡地径流量只有对照的 25%,土壤侵蚀量只有对照的 34%;在小于 14°的坡耕地上坡面本身所产生的径流基本能够得到拦蓄,在大于 18°的坡耕地上仍有良好的拦蓄效果。由于垄作区田能有效地拦蓄地表径流,减少土壤及养分流失,提高土壤的含水量,因而具有明显的增产效果。据河南省陕县、嵩县农作物对比试验资料,10°、15°、25°坡地采用沟垄种植较平作平均减少径流 32%~49%,减少土壤冲刷 35%~53%,增产幅度分别为:玉米 10.5%、花生 35%和马铃薯 26%。

表 2 垄作玉米蓄水保土及增产效果表							
试验处理 与比较	水土流失量(t/hm ²)		土壤养分流失量(kg/hm ²)				产量 (t/hm ²)
	径流量	输沙量	全氮	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机质	
垄作	8.60	0.30	0.45	0.23	5.40	1.04	3 977.0
对照	360.0	55.47	45.9	9.30	244.75	192.6	2 905.0
垄作:对照	0.024	0.005	0.01	0.025	0.022	0.005	1.367

资料来源:黄委会天水水保站水土保持试验研究成果资料汇编。

2.5 人渗坑、渗水孔技术

入渗坑种植又称“掏钵种”。具体作法是在坡地上沿等高线自上而下挖掘 50cm×50cm×50cm 的种植坑,用生土在坑下方和左右拍成大半圈土埂,然后将熟土填在坑内,上下坑呈“品”字排列,拦截坡面径流,增加土壤水分。陕西省榆林地区在 50 年代后期曾大力推广“掏钵种”技术,使每公顷坡

耕地粮食产量达到 3 750~5 250kg,比一般坡耕地粮食产量提高 4~6 倍。入渗孔具有显著的蓄水保土及增产作用,这种作用随孔径、孔深的增加而增大。甘肃省定西地区水保所针对黄土丘陵沟壑区第五副区气候干旱、年降雨量仅 300mm 左右、作物生长期缺水严重的特点,从充分利用坡面径流和增加农田土壤水分入手来提高农作物产量,在坡耕地上采用渗水孔聚流技术,按 3 000 个/hm² 的密度,挖出直径 25cm,深度 70cm 的入渗孔,使坡面径流利用率提高 30%~40%,降雨利用率提高 68%。入渗坑、渗水孔技术能有效地拦蓄山坡地径流,增加降雨入渗,提高径流利用率。在降雨稀少的干旱地区推广应用效果较好。但挖坑打孔比较费工费时,同时对耕作也会带来不便,因此该技术最适合于在果园、经济林地上使用,同时以劳动力资源较丰富的地区为佳。

3 荒坡及非生产地降雨径流利用技术

黄土高原地区山坡地分布广泛,荒坡及非生产用地是黄土高原地区山坡地降雨径流产生的重要区域,其特点是产流量大、产流集中。因此,荒坡及非生产用地降雨径流利用也是黄土高原地区降雨径流利用的重点。场院、屋顶、道路及荒坡等聚流技术广泛应用于农业生产、林业生产及人畜利用,有着日益广阔的发展前景。

3.1 场院、道路及荒坡聚流技术

甘肃省从 1995 年推广实施的“121”雨水聚流工程,取得了显著的效果,较好地解决了山坡地灌溉水源问题。所谓“121”工程,就是每个农户抹砌 100m² 的水泥聚流场,挖 2 眼水窖和发展 0.067hm² (1 亩)庭院经济,以有效拦蓄利用场院雨水资源。截止 1996 年 7 月底,在 8 个地区 27 县的 23.7 万农户建设聚流场 2 050.6m²,挖水窖 31.6 万眼,发展庭院经济 1.03 万 hm²。在榆中县北山,年降雨量仅 300~430mm,每公顷耕地配置两个 450m³ 的水窖和 1 800m² 的聚流场,灌溉定额为 450m³/(hm²·a),可使小麦单产达到 3 030~3 750kg/hm²,比对照产量提高了 3 倍。1996 年在天气大旱加暴雨、洪水、冰雹等自然灾害严重的情况下,试验地灌溉定额为 450m³/(hm²·a),小麦单产仍达到 2 400kg/hm²。中科院水土保持研究所徐国礼等人根据黄土高原沟壑区沟坡坡度大及道路侵蚀严重的特点,在道路内侧陡壁上挖截洪洞分段拦截,有效地拦蓄和利用了路面径流,控制了道路侵蚀。

甘肃省环县、定西、白银、会宁和宁夏中卫等干旱、少雨、地广人稀的地区,将荒坡径流直接引入农田灌溉作物,一般 2~4 hm² 坡面径流可以保证 1 hm² 农田的生产需要。定西地区水保所对荒坡集流面采用原土夯实、覆盖地膜、水泥混浆抹面和混合土夯实 4 种防渗处理,其每平方米聚流面年汇集径流量按降序排列依次为:水泥混浆抹面 0.402m³,覆盖地膜 0.259m³,混合土夯实 0.055m³,原土夯实 0.038m³,都比对照 0.004m³ 有显著提高;其每平方米成本按降序排列依次为:原土夯实 1.57 元,混合土夯实 1.16 元,地膜覆盖 0.35 元,水泥混浆抹面 0.29 元。因此,水泥混浆抹面和地膜覆盖比较经济合理。北京林业大学王斌瑞教授针对黄土高原地区土壤水分严重亏缺和多年造林成活率和保存率低的特点,以调节林木生长期的水量平衡为基础,进行了以荒坡聚流、节水和提高水分利用率为主的多种试验,提出了在技术和经济上比较合理的径流林业新技术。他们在山西方山县黄土残塬区沿梁峁坡等高线开挖成深 60cm、宽 100cm、反坡坡度为 15~18°的反坡窄带梯田。在窄带梯田上方坡面分别设置了 4 m²、6 m²、8 m²、10m² 的聚流面,并进行了 3 组处理:①铲除坡面杂草,砸实拍光表面;②砸实拍光坡面,喷涂 YJG-1 号高分子化合物,使土壤表面形成坚硬光滑的不透水膜;③保持自然坡面。实验证明:喷涂 YJG-1 号高分子化合物不仅不会造成径流水质污染,而且使集水区产流量提高 3 倍以上。修建每公顷集水区加上喷涂处理的成本 2 403 元,按 5a 使用期

计算,年摊成本 120.15 元。表 3 为 1992 年 4~10 月的测试资料,同期降雨量为 331.6mm。

表 3 不同处理集水面的集流效果表

集流面处理	集水区面积 (m ²)	渗水区面积 (m ²)	集水区产流量 (m ³)	渗水区增加径 流深(mm)
YJG-1 号	8	2	1.666	830.5
砸实拍光	8	2	0.767	383.7
自然荒坡	8	2	0.494	246.9

3.3 其它聚流贮水技术

黄土高原地区最普通、最常用的聚流贮水设施为水窖,在宁夏、青海和甘肃等干旱最为严重的地区已形成所谓“窖水农业”,成为干旱区农业的“保命工程”。红土水窖建窖投资相对较低,贮水成本为 0.23 元/(m³·a),但使用寿命短、水质差、水渗漏损失达到 25% 以上;砣薄壳水窖一次性投资成本略高,贮水成本为 0.41 元/(m³·a),但使用寿命长、水渗漏损失小,在有条件的地方应提倡使用。

4 节水灌溉技术

节水灌溉技术是干旱半干旱地区农业集约化经营技术措施之一。在山坡地上,除在有水源地实施节水灌溉技术外,对荒坡及非生产地径流进行聚集、贮存和有效利用,进一步发挥水资源的生产潜力,提高农业产量,这对于干旱缺水、水土流失严重的黄土高原地区具有特别重要的意义。但聚流节水灌溉技术难度相对较大,固定投资和年运行成本都比较高,各地应根据不同节水灌溉方式的特点,结合技术和经济能力,积极推广应用这项技术。

4.1 喷灌

喷灌是将具有一定压力的水喷射到空中,形成细小的水滴,洒落到土地上的一种灌水技术。喷灌可分为固定式、半固定式和移动式,喷灌质量主要受喷水强度、喷灌均匀度和水滴打击强度影响,要求喷灌强度适宜,喷洒均匀、打击强度小。喷灌机械化、自动化程度高,可以控制灌水量和灌水均匀度,不会产生深层渗漏和地表流失;定额灌溉、适时适量能够保持适宜的土壤水分和土壤团粒结构,有效调节土壤水、肥、气、热、微生物状况和田间小气候,增产效果明显。但是,喷灌受风力和空气湿度影响很大,而且需要设备和大量管材,基建投资较高,对水质也有一定要求,所以,发展喷灌必须因地制宜。

4.2 渗灌

渗灌是利用修筑在地下的专门设施将灌溉水引入田间耕作层,借助毛细管作用自下而上湿润作物根区附近土壤的灌水技术。渗灌质量主要受管道埋设深度、间距、长度和渗水量影响。适宜的埋设深度,能借毛细管作用使计划湿润层充分湿润,特别是表层达到足够湿润,且深层渗漏最小;适宜的间距应使相临管道的湿润曲线一致;适宜的长度应按管道首尾土壤湿润均匀,而且渗漏损失较小作为确定依据;适宜的渗水量应根据土壤性质确定。渗灌灌水质量高,能很好保持土壤结构,较稳定地保持土壤水分,节约灌溉水量,提高灌水效率,便于机耕,并减少病虫害发生。但是,渗灌土壤表层湿度较差,不利于幼苗生长,容易产生深层渗漏,基建投资大,施工技术复杂,暗管易堵难修,适应于地下水较深、灌溉水质较好、要求湿润土层透水适中的土地,目前推广应用尚不普遍。

4.3 滴灌

滴灌是通过安装在毛管上的滴头、孔口和滴灌带等灌水器将水逐滴均匀而又缓慢地滴入作物

根区附近土壤的灌水技术。滴灌输水管道由干管、支管和毛管组成,分固定式和移动式两种。固定式干、支、毛管全部固定;移动式干、支管固定,毛管可以移动。在相对平坦地上,干、支、毛管最好相互垂直,毛管与作物种植方向一致;在山坡地上,干管一般沿山脊或较高位置平行等高线布置,毛管与支管垂直,以保证滴头出水均匀。滴灌很少有管道渗漏和蒸发损失,水流滴入土壤后借助毛管力作用湿润土壤,能适时适量满足作物供水需要,省水节能;对地形和土壤的适应性强,可实行自动控制,大幅度减少田间灌水劳动量和劳动强度,不占耕地,可直接向作物根部施入可溶性肥料,省工、省肥、省地,是我国目前推广应用最广的节灌技术。实践证明:在黄土高原年降雨 400mm 的半干旱地区,缓坡耕地或水平梯田采用滴灌技术可使小麦单产提高 30%~40%,在单产 3 297kg/hm² 的条件下,田间耗水量为 347.7mm,耗水系数为 1 054.4 kg/kg,水分生产效率为 9.75 kg/(hm²·mm);在单产 2 325~4 065kg/hm² 的条件下,田间耗水量为 232~435mm,二者存在明显的正相关关系。滴灌管道及滴头容易堵塞、对水质要求较高,必须安装过滤器或加入化学试剂等解决堵塞,另外,滴灌需要大量管材和滴头、投资较高、不能调节小气候、不宜结冻期灌溉。

5 结 语

黄土高原地区气候干旱、水资源缺乏、降雨少而集中,如何有效地利用本区有限的雨水资源是能否实现山坡地生态稳定与经济持续发展的关键;本区群众在长期实践过程中形成的坡耕地降雨径流利用技术、荒坡及非生产用地降雨径流利用技术和节水灌溉技术能够有效地提高水资源利用率,对黄土高原地区山坡地水资源利用和生态农业建设具有十分重要的现实意义;针对本区不同地区的自然和社会经济特点,推广适宜的山坡地降雨径流利用和节水灌溉技术可以有效地改善本区水资源利用方式,提高区域山坡地治理质量,加快区域农业经济的迅猛发展。

参考文献

- 1 黄河水利委员会黄河中游治理局. 黄河水土保持志. 郑州:河南人民出版社,1992
- 2 黄河水利委员会水土保持局. 黄河流域水土保持研究. 郑州:黄河水利出版社,1997
- 3 山仑、陈国良. 黄土高原旱地农业的理论与实践. 北京:科学出版社,1993
- 4 马天思等. 黄土高原半干旱区集水高效利用技术体系的研究. 农业现代化研究,1994(3)

“黄土高原综合治理与农业可持续发展” 研讨会在西安召开

本刊讯 由中国工程院、中国农学会、中国水利学会、中国林学会、中国水保学会和中国生态学会发起主办,陕西省委、省政府和省农业厅、省农学会承办的以“黄土高原综合治理与农业可持续发展”为主题的学术研讨会,经过一年多的准备,于1998年10月29日至11月2日在西安召开。

参加这次会议的有来自中央和陕甘宁青晋冀豫等省区科研、教学单位长期从事黄土高原治理研究与实践的专家、学者代表共百余人。全国人大常委、中国农学会会长洪绂曾,中国工程院院士卢良恕,中国工程院院士、副院长沈国舫,中国工程院院士、北京林业大学教授关君蔚,中国工程院院士、甘肃省草原生态所任继周,中国工程院院士、中科院水保所山仑,中国农学会副会长兼研究员刘志澄,中国农学会副会长兼秘书长孙翔,陕西省农业厅厅长史志诚以及有关单位的专家、教授和部门领导等出席会议。陕西省委书记李建国、省长程安东亲临会议,在大会上讲了话并与大家合影留念。

会议收到学术论文 230 余篇,并编辑成 3 册。会议以大会报告、分组交流与专题讨论结合进行。这次会议集一院五学会之成,涉及部门和专业之多,内容之丰富,涉及面之广泛,在我国黄土高原开发治理方面还是第一次。

(下转第 51 页)