

宁夏南部山区坡地雨水资源化潜力及降水再分配研究

蔡进军¹, 张源润¹, 李生宝¹, 蒋 齐¹, 火 勇²

(1. 宁夏农林科学院沙漠治理研究所, 银川 750002; 2. 宁夏彭阳县农业局, 彭阳 756501)

摘 要: 宁夏南部山区是雨养农业区, 也是半干旱退化山区, 提高降水资源的利用率, 是该地区生态环境建设的必然途径, 通过分析研究点的雨水资源量, 当地缺水的最大问题是降雨的时空分布问题造成了大量的雨水资源流失。坡地改造拦蓄径流就地利用和径流资源的拦蓄储备是解决缺水问题的两种途径。分析了坡地径流资源的潜力, 并对坡地改造后不同工程措施降雨再分配情况进行对比研究, 土壤平均体积含水量 88542 整地> 鱼鳞坑整地> 自然坡面, 88542 工程整地比鱼鳞坑工程整地高 12.1%, 比无工程整地措施高 20.8%, 可以有效提高造林成活率。

关键词: 宁南山区; 坡地; 雨水资源化; 再分配

中图分类号: S273.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)03-0257-03

Study on Rainfall Source Potential and Rainfall Redistribution on Hillside Fields of Mountain Area in the South of Ningxia

CA I J in-jun¹, ZHANG Yuan-run¹, LI Sheng-bao¹, JIANG Qi¹, HUO Yong²

(1. Institute of Desert Control, Ningxia Agriculture and Forestry Academy, Yinchuan 750002, China;

2. Pengyang Agriculture Department, Pengyang 756501, Ningxia, China)

Abstract: The mountain area in the south of Ningxia is an agricultural region and semi-arid degraded mountain area mainly relying on rainfall. The effective way of constructing ecological environment is to improve the utilization ratio of the rainfall source in the region by analyzing the rainfall source in the research place. The greatest problem that the area is in the absence of water is the time and space distribution of the rainfall, causing loss of rainfall source. The two way of solving the problem of water shortage are retaining runoff on the spot and retaining store of the runoff source in the hillside fields. Analyzing the potential of the runoff source in the hillside fields and comparing with the study on different rainfall re-distribution condition of engineering measure, it is concluded that water content of the average volume of soil, 88542 soil preparation> scale pits soil preparation> natural hillside surface, the water content of 88542 engineering soil preparation is 12.1% higher than scale pits engineering soil preparation and 20.8% higher than without engineering soil preparation measure which can efficiently improve the forest live ratio.

Key words: the mountain area in the south of Ningxia; hillside fields; rainfall source; redistribution

干旱缺水与水土流失并存是宁夏南部半干旱退化山区人民生活水平和农业生产发展的重要制约因素, 也是我国干旱、半干旱地区普遍存在的共性问题。由于宁南山区处于干旱、半干旱区, 降雨集中且强度大, 大雨时往往形成坡面径流, 导致降雨以径流的形式流失; 降雨量小时, 由于蒸发量大, 土壤水分以无效蒸发的形式散失。一方面农民生活及农业生产严重缺水, 另一方面强烈的水土流失又使得大量的雨水资源流失, 使人民生活 and 农业生产常处于缺水状态, 严重影响了人民生活水平的提高。因此, 利用该地区降水时空分布不均, 季节浮动性大等因素, 实施坡地雨水资源化工程技术, 提高雨水资源化程度和利用效率, 缓解干旱危害程度, 成为雨养半干旱退化山区生态环境建设和农业生产协调发展

的必然方向。实现雨水资源的有效利用, 对调节、补充地区水源和改善保护生态环境有着极为关键的作用。

1 基本情况和降雨量分析

1.1 基本情况

项目示范区位于彭阳县东北 13 km 处的峨岷乡中庄村, 地貌类型属于黄土高原腹部梁峁丘陵地。该村年平均气温 7.6℃, 10℃ 的积温为 2200~2750℃, 境内年蒸发量较大, 干燥度(0℃ 的蒸发量)为 1.21~1.99, 无霜期 140~160 d。中庄村现有农户 367 户, 总人口 1716 人, 农村劳动力 1050 人。该村的国土面积为 16.5 km², 其中耕地面积 10.76 km²。示范区土壤以普通黑垆土为典型土壤, 土层深厚, 土质

收稿日期: 2004-03-03

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划重大项目(编号 2001BA606A-04)资助

作者简介: 蔡进军(1977-), 男(汉族), 宁夏平罗人, 助理研究员, 主要从事于黄土高原生态农业的研究。

疏松。植被类型以草原植被为基础,生长有长茅草(*S. bungeana* Trin.)、角蒿(*L. S inensis* Lam.)、铁杆蒿(*A rtemisia gmelinii*)、白羊草[*B. ischaemum* (L.) Keng]、赖草[*L. secalinus*(Georgi)Tzvel]、星毛萎陵菜(*P. acaulis* L.)等;其次还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃(*P. davidiana* Franch.)、沙棘(*H. rhamnoides* L.)、山杏(var *ansu* Maxim.)、山杨(*Populus davidara* Dode)等为主,植被盖度较低,为 11%。栽培植物主要有冬麦(*Triticum aestivum* L.)、玉米(*Zea mays* L.)、苜蓿(*Avena nuda* L.)、马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)、胡麻(*Sesamum indicum* L.)等。

1.2 土壤含水量的测定

在 2002 年 3 月下旬~ 11 月上旬,采用德国产 TDR 时域反射仪(time domain reflectometry)法观测。每月上、中、下旬各测定一次,每 20 cm 为一层,测定深度 0~ 100 cm。并在雨后加测观测点的土壤含水量。

1.3 研究点雨水资源量分析

表 1 示范区降雨情况表

月 份	2002 年				2003 年			
	降雨量 /mm	降雨次数	10 mm 降雨量 /mm	10 mm 降雨次数	降雨量 /mm	降雨次数	10 mm 降雨量 /mm	10 mm 降雨次数
1	4.4	1	0	0	3.7	2	0	0
2	6.9	2	0	0	2.7	1	0	0
3	18.0	2	15.3	1	12.9	2	0	0
4	27.3	3	13.7	1	17.1	3	0	0
5	55.3	3	55.3	3	79.0	6	55.1	3
6	151.2	3	143.2	2	40.9	3	30.4	2
7	41.0	4	12.4	1	77.7	6	50.1	2
8	67.8	5	55.5	3	155.0	7	126.4	4
9	50.9	3	40.1	2	85.4	6	77.8	5
10	46.2	3	35.6	1	57.8	4	35.6	1
11	0.7	1	0	0	10.8	2	10.3	1
12	3.9	2	0	0	1.8	1	0	0
总计	473.6	32	371.1	14	544.8	39	385.7	18

2 坡地雨水资源化途径

所谓雨水资源化是指通过规划设计,采取相应的工程措施,将降水转为可利用水源的过程。通过图 1 可以看出,大气降水在到达坡面后,除由于坡面蒸发造成一部分雨水再次返回空气中,坡地雨水资源主要由四部分组成。第一是植物截流,雨水到达坡面后,坡面覆盖的植物直接拦截,停留在植物表面或者被植物的根系所吸收利用。通过增加坡面的植被覆盖率,可以有效的拦截坡面的降雨,而被植物吸收利用,避免资源的流失;第二是洼地截流,降雨时,坡面雨水流向地势低洼的地方形成汇集,通过下渗和蒸发的形式流失。利用洼地雨水资源相对丰富的特点,在地势低洼处进行植树造林,种草养畜,或发展小面积高产田,提高对雨水资源的利用;第三是土壤入渗,由于黄土层的上层孔隙度比较大,地表入渗强度也较大,相当一部分雨水到达坡面后入渗到土壤中成为土壤水,土壤水最终以两种形式逸散。一是沿着土壤孔隙或裂隙继续向下入渗,成为地下径流,再在适宜的部位溢出地面补给河川径流,另一是通过植物根系或土壤孔隙蒸腾或蒸发于大气中。第四是地表径流,坡面雨水沿坡而下,到达坡角或洼地形成蓄积。

降雨是雨水资源量的决定因素,项目区多年平均年降水量 420~ 500 mm,降水量集中且年内分配不均,主要集中在 7、8、9 三个月,而且降水的年际变差系数较大,雨量集中月份常以暴雨形式出现,易发局地暴雨洪水。从 2002 年的统计结果看,年降水量为 473.6 mm,较历年平均值偏高。据大量的研究表明,由于降雨特性及降雨的分布特性,黄土高原小于 10 mm 降水一般不产生径流,而是雨后很快蒸散到空气中。这种降水不仅对地表径流无补给作用,且对深层土壤水也无补给意义。从中庄村示范区 2002 年的降水资料看,全年总降雨量为 473.6 mm,其中大于 10 mm 的降雨共有 14 次,总计降雨 371.1 mm,占全年降水量的 78.4%,2003 年全年降雨量为 544.8 mm,大于 10 mm 的降雨量共计 18 次,总计降雨 385.7 mm,占全年降水量的 70.8%。尽管这些降水还不足以使得作物和植被摆脱水分亏损状态,但是,如果能够通过人为措施增加土壤的入渗或者提高径流降水的利用率,对作物产量的提高或者植被的生长仍然有着重要的意义。

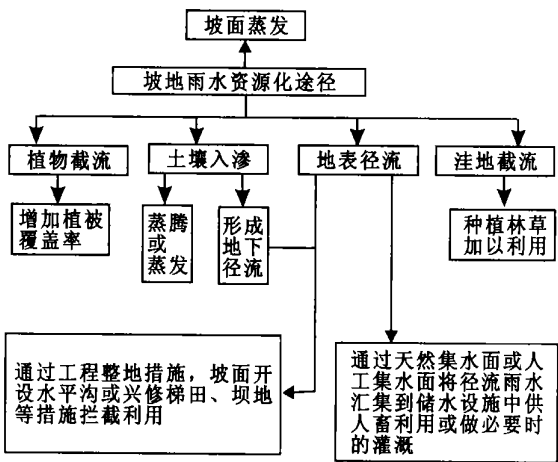


图 1 坡地雨水资源化的途径

采取工程措施,开设水平沟、兴修梯田、坝地等可以有效的拦截坡面径流,也能够使下渗产生的地下径流被拦截,从而提高降水利用率。此外,通过天然集水面或人工集水面将地表径流雨水汇集到储水设施中,最大限度的满足人畜饮用或满足农业生产的需要,提高雨水资源的有效利用。

3 坡地雨水资源化潜力的分析

降雨到达坡面后,主要有下三种去向:蒸发、下渗和坡面径流。研究坡地雨水资源化潜力,重要的是提高对坡面径流的利用效率。

3.1 坡地径流资源化的潜力

降雨产生径流过程可分为以下几个阶段:当降雨开始到产流前,首先要浸润表土层并填充坑洼和不平整地表,部分则为植物冠层截留。当表土层充分吸水,水分即通过土壤的大孔隙或裂隙开始向土壤深层入渗,湿润锋面不断下移,其移动速度逐渐降低,这时入渗强度开始小于降雨强度,于是开始产生超渗径流,随着入渗强度的降低,降雨径流强度逐渐增强,当入渗强度趋于稳定时,产流量将逐渐增加,最后,随着降雨终止,径流过程逐渐消退。黄土高原大部分地区处于干旱、半干旱区,其降雨产流方式一般属于超渗产流,即当降雨强度超过土壤入渗能力时,开始产生地表径流。地表径流主要有暴雨产生,暴雨洪水所形成的径流量一般可占年径流量的 70% 以上,拦蓄地表径流并加以合理利用是坡地径流资源化的技术关键与核心。坡地径流资源潜力是一个变值,它是指在一定的降水频率,一定土地利用现状和地质地貌以及一定技术经济投入情况下,在经过植物截流、洼地截流、陆面蒸发和入渗后能被重复拦蓄利用的降水坡地径流最大值。它随降水和地质地貌等自然条件的改变而变化。所以坡地径流资源潜力的计算,既要考虑降雨频率,还要考虑到示范区土地利用现状和地质地貌变化情况。

表 2 示范区径流资源化潜力表

				坡地径流资源潜力/ m ³		
土地利用类型	面积 × 10 ³ m ²	径流系数	汇流折减系数	多年平均降水 (475 mm)	2002 年 (544.8 mm)	
农地	坡耕地	1293.4	0.04	0.55	13516.03	15502.18
	退耕地	2594.1	0.00	0.05	0.00	0.00
	梯 田	824.7	0.00	0.05	0.00	0.00
	沟台地	862.0	0.00	0.05	0.00	0.00
林地	有工程	3428.8	0.00	0.05	0.00	0.00
	无工程	380.7	0.07	0.45	5696.22	6533.27
荒地	386.7	0.11	0.65	13133.3	15063.2	
居民点(包括场院)	42.4	0.31	0.45	2809.53	3222.38	
道 路	24.0	0.31	0.60	2120.40	2431.99	
沟 道	1706.7	0.08	0.70	45398.22	52069.37	
人工集流面	12.0	0.85	0.95	4602.75	5279.11	
合 计	11937.5			87276.45	100101.5	

我们用以下公式计算示范区坡地径流资源的潜力:

$$W = \sum_{i=1}^n m_i \cdot P_p \cdot S_i \cdot K_i / 1000$$

式中: S_i ——第 i 种集流面的面积, m²; P_p ——降水频率为 P 的年降水量; K_i ——第 i 种集流面的径流系数; m_i ——坡地径流在汇集过程中的折减系数。

根据示范区土地利用现状和多年平均降水量、2003 年降水量,计算可得示范区的坡地径流资源潜力为:多年平均降水量下的径流资源潜力为 8.73 万 m³; 2003 年的径流资源潜力为 10.01 万 m³; 不同土地利用现状和不同频率降雨下的径流资源潜力计算结果见表 2。

3.2 自然坡面降水资源的利用

土壤水是黄土高原地区旱地植物的两大基本水源(生长

期降水和土壤水),黄土高原植被吸收的降水量与蒸腾支出的水量是入不敷出的,长期处于亏损状态,其亏损部分靠吸取土壤水分来弥补植物的蒸腾。土壤水分状况是决定区域林草植被布局与配置的关键因素,而降雨则是决定土壤含水量的主要因素之一。如果降雨能够最大限度的渗入土壤中,不但黄土高原的水土流失程度将大为降低,而且也能为干旱雨养农业区的农业经营创造更为有力的条件。据研究表明,1 m 深的黄土可蓄积 200~ 300 mm 降水,2 m 厚的土层可蓄积 300~ 600 mm 降雨。黄土 90~ 200 mm 土层可作为“土壤水库”,在雨季雨水经地表入渗进入土壤水库,并进行贮存,土壤水库具有很大的调蓄能力,可解决雨季蓄水、旱季用水的矛盾。在黄土高原半干旱退化山区,降雨是土壤水分惟一的补给源,而该地区的降雨又存在明显的季节差异,降雨主要集中在 5~ 10 月份,且降水大多属于产流降雨,通过人工措施进行坡地改造,是雨水资源化的关键技术所在。鱼鳞坑整地和水平沟整地是坡面雨水利用中最常用的两种方式。近年来,宁南山区在水平沟整地的基础上又开发出新的整地技术——88542 整地造林技术。88542 坡地集雨林业工程技术即在坡地上沿等高线方向挖一深 0.8 m、宽 0.8 m 的水平沟,用沟内的土起外埂,埂高 50 cm、宽 40 cm,然后沟旁表土回填至与沟底持平,使沟宽 2 m。通常在沟内侧建植山桃、山杏、沙棘等灌木树种,在沟外侧埂坡上种植以柠条为主的抗旱树种。

3.3 坡地降水的再分配

通过坡地改造后,提高了径流雨水的利用率,改变了土壤含水量,使得降雨产生再分配。图 2 是不同整地方法下土壤水分的动态变化曲线。通过此图可见,土壤平均体积含水量 88542 整地> 鱼鳞坑整地> 自然坡面。试验研究,土壤体积含水量对比,88542 工程整地比鱼鳞坑工程整地高 12.1%,比无工程整地措施高 20.8%。通过雨后观测研究点的土壤含水量,不同降雨条件下,雨后土壤体积含水量 88542 整地> 鱼鳞坑整地> 自然坡面。降雨在坡面再分配的结果使得更多径流被拦蓄,提高了土壤含水量,使得干旱地区造林成活率得到提高。试验观察表明:88542 工程整地造林成活率比自然坡面造林成活率提高 20%~ 30%,生长量增加 30%~ 40%。造林后第 2 年 85% 的成活率面积占 95% 以上,可使幼林提前 2 年成林。

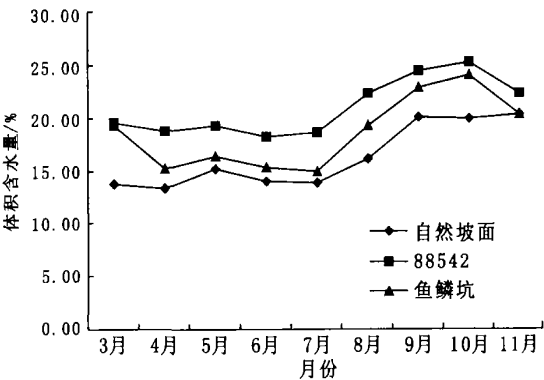


图 2 不同整地方式土壤水分变化曲线

4 结 语

(1) 雨水资源的有效利用,是半干旱退化山区生态建设
(下转第 280 页)

态社会体系的建设步伐。

4 生态体系建设模拟研究

生态体系建设模拟研究,是为了建立最佳的生态体系建设模型,为生态体系建设提供依据和准则,因此,如何建立一个最优的生态体系建设模型,是搞好生态体系建设的核心和关键。没有生态体系建设模型,生态体系建设就无从谈起,就没有根据,就会存在很大的盲目性。因此,生态体系建设的第一任务就是对生态体系建设模型的研究和建立,提供科学的生态体系建设的各项发展指数和控制指数及其结构构成比。见生态体系建设模拟表。



图 1 生态体系建设模型图

我们以人口 10 万,土地 8 万 hm^2 为模拟研究基数,进行

产业与资源模拟,人口与资源模拟,产业与产业模拟,人口与产业模拟。从而提出人口、资源、产业、生物间的发展和控制指数,为生态建设提供科学依据。表中以人口构成模块、资源构成模块、产业构成模块为中心分左右两侧,人口左侧为人口素质,右侧为人口结构及构成指数;资源构成模块左侧为生存要素(气、光、风、雨、温、湿),右侧为资源构成及资源分配指数;产业结构模块左侧为产业要则,右侧为产业构成及产业发展指数。并绘制了生态体系建设模型图,该图,形象地反映出生态体系建设的结构构成比和各项控制指数,形成一个完整的生态平衡系统,最终实现良性的可持续发展的战略目标。见生态体系建设模块图(如图 1)。

生态体系建设模型图,其构成是从核心向外,以人口为中心,第一层为人口结构系统(从业结构、年龄结构);第二层为资源结构系统(土地资源、水资源、矿产资源、其它资源);第三层为产业结构系统(农业系统、林业系统、牧业系统、工业系统、商业系统、渔业及其它业);最外层是生态要素系统(气、光、风、雨、温、湿)等要素。气,是大气好,光,是光照足,风,是通风畅,雨,是雨量充,温,是温度适,湿,是湿度宜。同时对产业的存在和发展又提出了产业要则,即:品质,高能优质;产量,适应需求;流通,快速通畅;排弃,达标合理;转化,分解充分;效益,综合最高。

以上对生态建设做了初步探讨,有许多课题亟待于更进一步细致的研究,特别是对生态体系建设模型研究是事关重要的,需尽快拿出最佳模型,以指导生态体系建设的实施。

参考文献:

- [1] 于中峰,孙敬,于明 关于水土保持生态体系建设的研究[J]. 水利科技与经济,2002,(3): 186- 187.
- [2] 于中峰,孙明明,于明 谈生态农业体系建设[J]. 水利科技与经济,2003,(2): 83- 89.

(上接第 259 页)

的关键,分析了坡地雨水资源的运移途径,并指出坡地雨水资源化的两种途径——就地拦蓄利用和雨水集蓄反季节利用。

表 3 不同整地方式下雨后土壤含水量 %

降水时间	30/5	29/6	30/8	28/9	13/10
降雨量/mm	18.5	19.0	40.0	22.6	35.6
土壤体积					
自然坡面	16.04	14.56	19.76	20.58	22.66
鱼鳞坑	16.78	15.90	27.40	23.81	24.28
含水量/%					
88542 整地	19.74	18.80	27.34	25.20	25.62

参考文献:

- [1] 张凡,钟军 宁夏固原地区山坡地的水分再分配与退耕还林问题[J]. 中国沙漠,2002,22(2): 184- 186
- [2] 徐学选,穆新民,等 黄土丘陵区降雨坡面再分配规律研究[J]. 水土保持研究,2003,9(3): 249- 250
- [3] 景可,申元村 黄土高原水土保持对未来地表水资源影响研究[J]. 中国水土保持,2002,(1): 12- 14
- [4] 任杨俊,李建牢,赵俊侠,等 黄土丘陵沟壑区山地果园集流高效利用技术研究[J]. 中国水土保持,2002,(8): 34- 35
- [5] 刘贤超,康少忠 我国节水农业技术体系的发展方向[J]. 中国人口·资源与环境,2001,11(2): 73- 76
- [6] 杨文治,邵明安 黄土高原土壤水分的研究[M]. 北京: 科学出版社,2000
- [7] 孙立达,朱金兆 水土保持林体系综合效益研究与评价[M]. 北京: 中国科学技术出版社,1995
- [8] 张新燕,蔡焕杰 雨水集蓄利用研究进展[J]. 干旱区资源与环境,2001,9(3): 87- 91
- [9] 侯琼 清水河地区雨水资源化与区域经济发展研究[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(1): 77- 80
- [10] 王斌瑞,王百田 黄土高原径流林业[M]. 北京: 中国林业出版社,1996

(2)对山区雨水资源的利用潜力进行了计算分析,并对坡地雨水的就地拦蓄利用进行分析,由于黄土本身的特性,可以蓄积大量的径流,通过坡地改造,使得降雨就地拦蓄,增加土壤含水量,改善植物需水要求。

(3)人工措施造成了坡面雨水的再分配,分析了不同措施土壤的水分条件,并对雨后的土壤水分状况进行了对比,雨水再分配的结果,工程整地措施改善了土壤水分条件,为建植林草提供了保障。