

黄土高原不同规格鱼鳞坑土壤水分状况研究

王 晶, 朱清科, 云 雷, 雷声坤, 谭 泉, 谢 静, 邝高明

(北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要: 鱼鳞坑是坡面水土保持的一项工程治理措施, 同时又是一种坡面植树造林的整地方法。由于鱼鳞坑施工简单, 在拦蓄地表径流, 保持水土, 促进林木生长等方面作用比较显著, 因此得到广泛应用。为了研究不同规格鱼鳞坑的土壤水分变化, 采用固定点监测方法对陕北黄土区 4 种规格的鱼鳞坑土壤水分进行了对比研究。结果表明, 在半阳向陡坡和极陡坡上, 4 种规格鱼鳞坑土壤含水量表由大到小表现为: 中规格 > 大规格 > 较小规格 > 小规格 > 对照, 而在半阴向缓坡和阴向缓坡上, 4 种规格鱼鳞坑土壤含水量由大到小依次为: 大规格 > 中规格 > 较小规格 > 小规格 > 对照。

关键词: 黄土高原; 不同规格; 鱼鳞坑; 土壤含水量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)06-0076-05

中图分类号: S152.7

Soil Moisture of Fish-scale Pits of Different Specifications in Loess Plateau

WANG Jing, ZHU Qing-ke, YUN Lei, LEI Sheng-kun, TAN Xiao, XIE Jing, KUANG Gao-ming

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of
Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Fish-scale pit is one of the soil and water control measures in the slope, and it is also a kind of slope afforestation site preparation methods. Due to its simple construction, storing surface runoff, the effect of maintaining soil and water, and promoting the growth of trees is relatively remarkable, it is widely application. In order to study soil moisture of fish-scale pits of different specifications by using fixed-point monitoring methods, soil moisture of fish-scale pits of four specifications in the Loess Plateau region of Northern Shaanxi Province was studied. Results showed that different specifications had a significant impact on soil moisture content. In terms of soil water on semi-sunny steep slope and extremely steep slope, specifications may be ranked in the descendant order of middle, large, small, smaller and contrast, in terms of soil water on semi-shady gentle slope and shady gentle slope, in the descendant order of large, middle, small, smaller and contrast.

Keywords: the Loess Plateau; different specifications; fish-scale pits; soil moisture

严重的干旱缺水 and 水土流失已经成为黄土高原地区森林植被恢复和生态环境建设的最为重要的限制因子^[1]。如何在干旱半干旱地区, 有效地保护并合理利用有限的水土资源, 选择合适的树种, 做到适地适树, 因地制宜, 改善生态环境, 这对于黄土高原地区是一个亟待解决的重大问题。

干旱地区农业、林业对水资源合理利用的核心是尽可能提高水分利用率。为此, 我国水土保持领域的学者在黄土高原地区开展了大量增加雨水资源利用, 减少水土流失的研究工作, 提出了水平沟、水平阶、鱼鳞坑、反坡梯田等减少地表径流的造林整地措施。但

长期以来, 有关造林整地措施研究多集中在多项整地措施对坡面径流产沙拦泥效果^[2-4]、土壤水分^[5-8]和经济效益^[9-10]等方面进行对比等; 单项整地措施中, 对梯田^[11-13]和水平沟^[14-15]的水土保持效应研究较多, 而对鱼鳞坑的水土保持效应, 特别是对不同规格鱼鳞坑的土壤水分研究较少^[16]。本研究以陕北黄土区不同规格鱼鳞坑为研究对象, 研究了不同立地类型不同规格鱼鳞坑的土壤水分变化, 以期研究区提供不同立地类型条件下保水效果最佳的鱼鳞坑规格, 从而提高造林成活率, 为坡面生境改良工程提供科学依据和指导。

收稿日期: 2010-12-13

修回日期: 2011-03-16

资助项目: 国家“十一五”科技支撑项目“困难立地工程造林技术研究”(2006BAD03A0302)

作者简介: 王晶(1986—), 女(汉族), 吉林省白山市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持及生态环境地理学。E-mail: wangjing2004_2008001@yahoo.com.cn。

通信作者: 朱清科(1956—), 男(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水土保持和林业生态工程。E-mail: zhuqingke@sohu.com。

1 研究区概况

研究区位于陕西省延安市西北部的吴起县,地处毛乌素沙漠南缘,属于典型的黄土高原梁状丘陵沟壑区,地理位置位于东经 $107^{\circ}38'57''$ — $108^{\circ}32'49''$,北纬 $36^{\circ}33'33''$ — $37^{\circ}24'27''$,海拔 $1\ 233\sim 1\ 809\text{ m}$,总面积 $3\ 791.5\text{ km}^2$,水土流失面积 $3\ 702.2\text{ km}^2$,占土地总面积的 97.16% 。气候属暖温带大陆性干旱季风气候,春季干旱多风,夏季旱涝相间,秋季温凉湿润,冬季寒冷干燥,年均气温 $7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 $96\sim 146\text{ d}$,多年平均降雨量 478.3 mm ,年际变化大、季节分配不均, 64% 以上的降雨集中在7—9月,多年平均陆地蒸发量 $400\sim 450\text{ mm}$,属半干旱地区。土壤类型为黄绵土,质地为轻壤土。

吴起县属于森林灌丛草原植被区,由于长期的人为经济活动,原有植被已不复存在,在现状植被中均为次生植被为主,落叶阔叶林及灌木草丛占主导地位,多以旱生类型为主。主要树种有小叶杨(*Populus simonii* Carr.),旱柳(*Salix matsudana* Koidz.),油松(*Pinus tabulaeformis*),侧柏(*Platycladus orientalis*),山桃[*Amygdalus davidiana* (Carr.)C. de Vos ex Henry.],山杏[*Armeniaca sibirica* (L.) Lam.],杜梨(*Pyrus betulifolia* Bunge.),刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)等。灌木主要是柠条(*Caragana korshinskii* Kom.),沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)等。

2 研究方法

2.1 试验布设

在野外选取半阳向缓坡($15^{\circ}\sim 25^{\circ}$),半阳向陡坡($25^{\circ}\sim 35^{\circ}$),半阳向极陡坡($35^{\circ}\sim 45^{\circ}$),半阴向缓坡($15^{\circ}\sim 25^{\circ}$)和阴向缓坡($15^{\circ}\sim 25^{\circ}$),于2009年7月在这5种立地类型的坡面上布设鱼鳞坑,沿着等高线开挖鱼鳞坑的长,垂直等高线开挖鱼鳞坑的宽,鱼鳞坑具体尺寸分别为: $40\text{ cm}\times 20\text{ cm}$, $60\text{ cm}\times 40\text{ cm}$, $80\text{ cm}\times 60\text{ cm}$, $120\text{ cm}\times 80\text{ cm}$;深度均为 60 cm 。为了研究方便,按照宽度大小将以上鱼鳞坑分别定义为小规格鱼鳞坑、较小规格鱼鳞坑、中规格鱼鳞坑和大规格鱼鳞坑,4种规格的鱼鳞坑沿着等高线成列布设,其密度为 $2\text{ m}\times 3\text{ m}$ 。

2.2 样品采集和测定

采用土钻法采集土壤样品。为了减少坡位对土壤含水量的影响,每次测定土壤水分时,将分别在坡面上部、中部和下部选择3个相同规格鱼鳞坑进行水分测定,每个鱼鳞坑分别测定 $0\sim 20\text{ cm}$, $20\sim 40\text{ cm}$, $40\sim 60\text{ cm}$, $60\sim 80\text{ cm}$, $80\sim 100\text{ cm}$ 这5个土层的土壤水分,重复3次,平均值作为该层次的土壤含水量。土壤含水量采用烘干法测定。测定时间分别为2009年10月份和2010年4,6,8,10月份。

采用 Excel 和 SPSS 12.0 软件,运用均值和方差分析法对试验数据进行处理。

3 结果与分析

3.1 不同规格鱼鳞坑土壤水分季节变化

将所有试验立地类型上的相同规格鱼鳞坑土壤水分进行均值处理,得到不同规格鱼鳞坑($0\sim 100\text{ cm}$)平均含水量变化情况(图1)。从图1中可以看出,大规格和中规格鱼鳞坑的平均土壤含水量在各个月均高于其它规格,小规格鱼鳞坑的平均土壤含水量在各个月均处于最低。不同规格鱼鳞坑的土壤含水量变化与降雨量变化(表1)相一致,由表1可以看出,2009年10月,降雨量仅为 7.8 mm ,4种规格鱼鳞坑的平均土壤含水量达到了最低值;翌年4月,随着春季气温的回升,上年度冬季地表积雪开始融化,同时上年度11月雨水较多,土壤含水量呈不断上升趋势;6月随气温的不断升高,土壤表面蒸发也逐渐加强,土壤含水量进一步下降;8月随着降雨量的增加,土壤含水量也开始快速回升,8月降雨达到最高值,而此时4种规格鱼鳞坑的平均土壤含水量也达到最高值;10月随着降雨量的迅速减少,土壤含水量也开始下降。

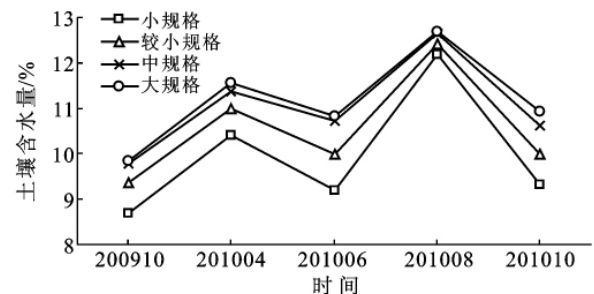


图1 不同规格鱼鳞坑 0—100 cm 平均土壤含水量季节动态

表1 2009—2010年吴起县月降雨量

mm

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2009	0.1	4.8	13.2	12.8	34.2	30.4	142.1	119.0	35.0	7.8	47.9	2.5
2010	0	13.9	4.2	32.9	40.2	39.4	36.4	112.1	49.1	35.6	—	—

鱼鳞坑土壤含水量的季节变化,主要受制于当地降水、气温等因子的季节变化的影响。据此,可将鱼鳞坑土壤含水量动态变化依据季节变化划分为 4 个阶段:土壤水分缓慢恢复期(10—翌年开春),土壤水分下降期(4—6 月份),土壤水分补充恢复期(6—8 月份)和土壤水分消退期(8—10 月份)。

3.2 整地规格对不同坡向鱼鳞坑土壤水分的影响

在干旱和半干旱地区坡向是影响土壤水分变化的重要因素,它通过影响坡面的光照、气温、降水、土壤性质和植被格局,使不同坡向的土壤含水量存在很大差异。不同坡向鱼鳞坑土壤水分垂直变化详见图 2。

图 2a 为半阳坡不同规格鱼鳞坑的土壤水分垂直变化,从图 2a 中可以看出,土壤含水量随着土层深度的增加而增加,不同规格鱼鳞坑的土壤含水量均大于对照,4 种规格鱼鳞坑土壤含水量大小顺序为:中规格>大规格>较小规格>小规格>对照;可以看出大规格鱼鳞坑土壤含水量并不是最大,这可能是由于在半阳坡上,接受太阳辐射时间长,地表温度高,而其规格大,因此地表蒸发也强烈。由此说明,在干旱半阳坡上,通过鱼鳞坑造林整地方式,改造了自然坡面,促使山地水分发生再分配,提高了坡面径流雨水的利用率,其蓄水保水功能改变了土壤含水量,但过大规格开挖鱼鳞坑会加速土壤水分蒸发,故在半阳坡上进行造林整地时,应避免对坡面进行过大开挖式修整,尽量减少对坡地表层土壤结构及原有植被的破坏,以防止表层土壤水分无效散失。

图 2b 为半阴坡不同规格鱼鳞坑的土壤水分垂直变化,从图 2b 中可以看出,在 0—20 cm 土层,鱼鳞坑土壤含水量由大到小表现为:大规格>中规格>较小规格>小规格>对照;在 20—40 cm 土层,小规格和较小规格鱼鳞坑的土壤含水量相差很小;20—100 cm 土

层土壤水分变化趋势为:小规格鱼鳞坑的土壤含水量呈现先增加后减少的趋势,在 40—60 cm 土层中达到最大值为 10.87%,较小规格鱼鳞坑和对照的土壤含水量随着土层深度的增加而增加,中规格和大规格鱼鳞坑的土壤含水量在 20—40 cm 土层时达到最大值,分别为 11.29%和 11.95%,之后土壤含水量随着土层的增加而减少。总体来看,在半阴坡上,0—100 cm 土层,4 种规格鱼鳞坑中大规格鱼鳞坑的土壤含水量最大,其次为中规格、较小规格鱼鳞坑,小规格鱼鳞坑土壤含水量最小。由此说明,在相同降雨的过程中,在 0—100 cm 土层中,小规格和较小规格鱼鳞坑的雨水入渗量较大,中规格和大规格鱼鳞坑的雨水入渗量较小。

图 2c 为阴坡不同规格鱼鳞坑的土壤水分垂直变化,从图 2c 中可以看出,在 0—40 cm 土层,较小规格和中规格鱼鳞坑的土壤含水量几乎相同,土壤含水量随着土层深度的增加而减少;在 0—100 cm 土层,对照和大规格鱼鳞坑的水分变化趋势基本一致,均表现为先增大后减少的趋势,对照土壤含水量在 20—40 cm 土层达到最大值 11.16%,大规格鱼鳞坑的土壤含水量在 40—60 cm 土层达到最大值 14.06%,较小规格鱼鳞坑的土壤含水量随着土层的增加而减少,小规格和中规格鱼鳞坑的土壤含水量均呈现先减少后增加的趋势。总体来看,在阴坡上,0—100 cm 土层,不同规格鱼鳞坑的土壤含水量大小顺序为:大规格>中规格>较小规格>小规格>对照。由此说明,阴坡上,在 4 种规格鱼鳞坑中,土壤含水量随着规格的增大而增大,这与半阴坡上不同规格鱼鳞坑的土壤含水量也有着相同的变化规律,其原因可能是半阴坡和阴坡接受太阳辐射时间短,地表蒸发较弱,因而鱼鳞坑拦截的雨水散失的速度慢。

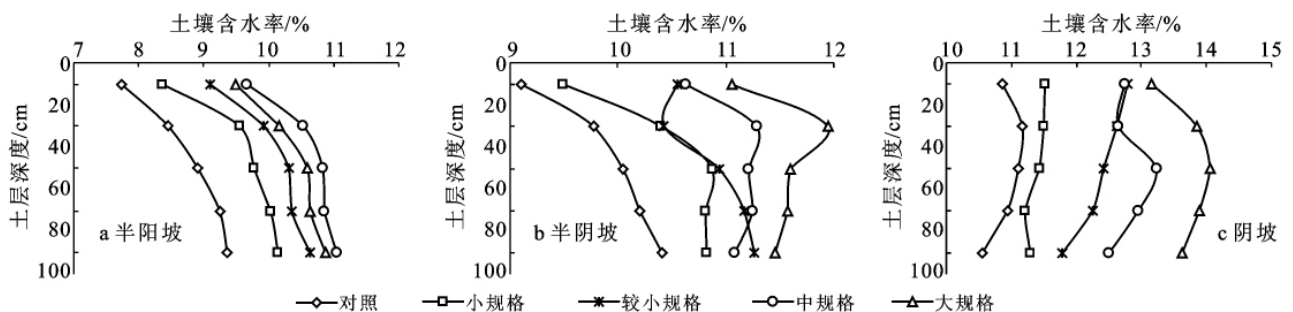


图 2 不同坡向鱼鳞坑土壤水分垂直变化

不同坡向相同规格鱼鳞坑和对照的土壤含水量大小排序为:阴坡>半阴坡>半阳坡,这种差别是由于不同坡向接收太阳辐射能力的差异,造成地温不同,因而土壤蒸发和植被的蒸腾量不同,导致土壤水分含量的差异。半阳坡接受太阳光照时间长,地表蒸

发量也大,使其土壤水分损失比较严重。

3.3 整地规格对不同坡度鱼鳞坑土壤水分的影响

坡度影响土壤的水分渗透、排放、地表径流的形成以及地表径流的流量,一般与土壤含水量呈负相关关系,即坡度越大,土壤含水量越小^[17]。

图 3 为不同坡度鱼鳞坑土壤水分垂直变化状况。从图 3a 可以看出,缓坡 0—100 cm 土层,不同规格鱼鳞坑的土壤含水量大小顺序为:大规格>中规格>较小规格>小规格>对照。对照、小规格和较小规格鱼鳞坑的土壤含水量整体变化趋势是随着土层深度的增加而增加,中规格和大规格鱼鳞坑的土壤含水量整体变化趋势为先增加后减少,中规格和大规格鱼鳞坑土壤含水量在 0—20 cm 土层十分接近,中规格鱼鳞坑最大土壤含水量出现在 40—60 cm 土层内,大规格鱼鳞坑最大土壤含水量出现在 20—40 cm 土层内。

从图 3b 可以看出,陡坡 0—100 cm 土层,不同规格鱼鳞坑的土壤含水量均大于对照,其中中规格鱼鳞坑的土壤含水量最大。0—40 cm 土层,中规格和大规格鱼鳞坑的土壤含水量十分接近;40—100 cm 层,

较小规格和大规格鱼鳞坑的土壤含水量差别不大。由此说明,在陡坡上,大规格鱼鳞坑的集水保水效果并不是最好,这可能是由于随坡度的增大,降雨形成径流的下冲力越强,径流过程中渗入土壤中的水分也就较少,从而导致了鱼鳞坑内的水分比缓坡上的水分低,因此中规格的鱼鳞坑在陡坡上拦蓄径流的效果最佳。

从图 3c 可以看出,在极陡坡 0—100 cm 土层,小规格和中规格鱼鳞坑的土壤含水量均随着土层的增加而增加;对照、较小规格和大规格鱼鳞坑的水分垂直变化趋势相似,均表现为:增加—减少趋势,土壤含水量最高值都出现在 40—60 cm 土层内。总体来看,在极陡坡上,0—100 cm 土层,不同规格鱼鳞坑的土壤含水量大小顺序为:中规格>大规格>较小规格>小规格>对照。

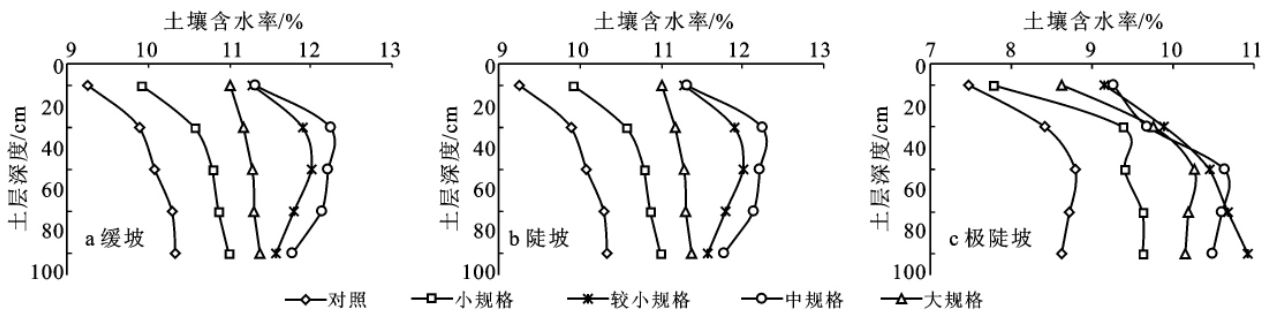


图 3 不同坡度鱼鳞坑土壤水分垂直变化

3.4 土壤水分影响因子差异分析

土壤水分变化规律主要受坡面降水入渗再分布以及土壤的蒸散量这两个过程所支配。而具体对不同规格的鱼鳞坑来说,该过程又受其自身坡面的多种因素影响。如坡向、坡度、季节变化、规格大小、土壤深度等。通过单因变量多因素方差分析,可以更加明确各因素对土壤含水量产生影响程度的不同。由

表 2 可知,坡向、坡度、季节变化、规格大小和土壤深度这 5 个因子对土壤水分动态变化的单独影响都达到了极显著水平($p < 0.01$),由 F 值可知,5 个因子对土壤水分动态变化影响显著顺序为:季节变化(取土时间)>坡向>土层>坡度>规格;而将 5 个因子两两间交互,只有坡向×规格对土壤含水量的影响显著。

表 2 主体间效应的检验

项目	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
校正模型	1 090.483	50	21.810	39.118	<0.01
截距	35 416.955	1	35 416.955	63 524.236	<0.01
坡向	173.687	2	86.844	155.764	<0.01
坡度	22.755	2	11.377	20.407	<0.01
季节变化	539.039	3	179.680	322.275	<0.01
规格	29.023	3	9.674	17.352	<0.01
土层	57.057	4	14.264	25.584	<0.01
坡度×规格	3.788	6	0.631	1.133	>0.05
季节×土层	11.699	12	0.975	1.749	>0.05
坡向×规格	15.150	6	2.525	4.529	<0.01
规格×土层	3.407	12	0.284	0.509	>0.05
总计	47 702.670	400			
校正的总计	1 285.063	399			

注:检验水平 $\alpha = 0.05$ 。

4 结论

(1) 大规格和中规格鱼鳞坑的平均土壤含水量在各个月均高于其它规格,小规格鱼鳞坑的平均土壤含水量在各个月均处于最低。鱼鳞坑土壤含水量动态变化依据季节变化划分为 4 个阶段:土壤水分缓慢恢复期(10—翌年开春),土壤水分下降期(4—6 月),土壤水分补充恢复期(6—8 月)和土壤水分消退期(8—10 月)。

(2) 通过对不同坡向和不同坡度鱼鳞坑土壤水分的综合分析可知,在半阳向陡坡和极陡坡上,4 种规格鱼鳞坑土壤含水量由大到小表现为:中规格>大规格>较小规格>小规格>对照,而在半阴向缓坡和阴向缓坡上,4 种规格鱼鳞坑土壤含水量变化相同,表现为:大规格>中规格>较小规格>小规格>对照。

(3) 通过单因变量多因素方差分析,坡向、坡度、季节变化、规格大小和土壤深度这 5 个因子对土壤水分动态变化的单独影响都达到了极显著水平($p < 0.01$),其中季节变化(取土时间)对土壤含水量影响最为显著;而将 5 个因子两两间交互,只有坡向×规格对土壤含水量的影响显著。

(4) 鱼鳞坑整地通过改变地形而缩短径流线、提高入渗和减小径流量等方面加强降水的就地拦蓄和入渗,从而使土壤含水量显著提高。研究结果表明,在水分条件较差的半阳向陡坡和极陡坡上进行造林整地时,不适宜挖取过大规格的鱼鳞坑,中规格左右的鱼鳞坑蓄即可以达到最佳的蓄水保水效果,而挖取过大规格的鱼鳞坑,不仅没有提高土壤含水量,反而增大了地表破坏程度,同时也增加了工程时间与费用;而在水分条件较好的半阴向缓坡和阴向缓坡上进行造林整地时,适宜挖取大规格鱼鳞坑。对于不同规格鱼鳞坑的土壤理化性质是否有所差异,还是需要进一步的试验研究。

[参 考 文 献]

- [1] 王飞,李锐,谢永生.历史时期黄土高原生态环境建设分析[J].水土保持研究,2001,8(2):138-142.
- [2] 曹全意.黄土高原地区提高山坡地径流利用率的有效途径[J].水土保持研究,1998,5(4):31-35.
- [3] 王进鑫,黄宝龙,罗伟祥.反坡梯田造林整地工程对坡面产流的作用机制[J].农业工程学报,2004,20(5):292-296.
- [4] 袁希平,雷廷武.水土保持措施及其减水减沙效益分析[J].农业工程学报,2004,20(2):296-300.
- [5] 张志强,王礼先,洪惜英.晋西黄土区水土保持林造林整地工程效益的研究[J].北京林业大学学报,1993,15(2):63-67.
- [6] 张海,张立新.黄土崩状丘陵区坡地治理模式对土壤水分环境及植被恢复效应[J].农业工程学报,2007,23(11):108-112.
- [7] 张北赢,徐学选,刘文兆.黄土丘陵沟壑区不同水土保持条件下土壤水分状况[J].农业工程学报,2009,25(4):54-57.
- [8] 岳宏昌,王玉,李缠云,等.黄土丘陵沟壑区土壤水分垂直分布研究[J].水土保持通报,2009,29(1):66-69.
- [9] 蔡进军,张源润,李生宝.宁夏南部山区坡地雨水资源化潜力及降水再分配研究[J].水土保持研究,2004,11(3):257-259.
- [10] 梁继录.辽西低山丘陵荒坡营造水保林工程整地措施试验研究[J].辽宁林业科技,1995(4):14-16.
- [11] 高维恒,邓西平.延安市旱作梯田水分有效保持与高效利用技术[J].水土保持通报,2007,27(6):225-229.
- [12] 杨封科.半干旱黄土丘陵区梯田集水增产效应研究[J].水土保持学报,2006,20(5):130-133.
- [13] 余峰,董立国,赵庆丰,等.宁夏半干旱地区梯田土壤水分动态变化规律研究[J].水土保持研究,2007,11(1):298-300.
- [14] 景维杰,韩蕊莲,侯庆春,等.不同间距水平阶集水及造林效果的研究[J].西北林学院学报,2004,19(3):38-40.
- [15] 贾生海,程建萍.无纺布覆盖水平沟对土壤温湿度的影响[J].农业工程学报,2008,24(4):91-94.
- [16] 石生新.整地造林措施对强化降雨入渗和减沙的影响[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(4):54-59.
- [17] 赵晓光,吴发启,刘秉正,等.黄土高原坡耕地土壤水分主要受控因子研究[J].水土保持通报,1999,19(1):10-14.