

陇东黄土高原沟壑区坡面径流调控造林效益研究

王志雄,段景峰,郜文旺

(黄河水利委员会 西峰水土保持科学试验站,甘肃 西峰 745000)

[关键词] 水平阶;鱼鳞坑;径流调控;土壤水分;树木生长量;坡面;高原沟壑区

[摘要] 以典型小流域坡面径流调控工程为研究对象,通过观测分析水平阶整地造林、鱼鳞坑整地造林与对照不整地造林的土壤水分、养分与树木生长量等,对径流调控工程的抗旱性能及其生产效益进行了研究。结果表明,坡面 20~80 cm 土层的土壤含水率水平阶>鱼鳞坑>对照;20~40 cm 土层土壤养分含量总体上为水平阶>鱼鳞坑>对照,土壤容重水平阶<鱼鳞坑<对照;水平阶整地的造林保存率和树木年生长量均高于鱼鳞坑整地;整地投入水平阶>鱼鳞坑>对照。综合考虑,在黄土高原沟壑区条件比较好、比较完整的坡面应采用水平阶整地,在条件一般的坡面及陡坡地可采用鱼鳞坑整地,以提高造林成活率和保存率,有效发挥水土保持生态服务功能和作用。

[中图分类号] S157.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-0941(2018)01-0058-04

干旱缺水与水土流失并存是制约黄土高原沟壑区经济社会发展的主要限制因子^[1],降雨径流既是该区产生水土流失的动力,又是缓解干旱缺水的重要水源。该区林草生长所需水分主要靠雨水径流的补给,水平阶、鱼鳞坑等径流调控工程通过改变坡面微地形,实现了坡面径流的分段横向拦截,起到了良好的拦泥蓄水作用^[2],对植被恢复和生态系统服务功能的改善发挥着极为重要的作用。

本研究以陇东黄土高原沟壑区典型小流域已造林 6 年以上的坡面径流调控工程为研究对象,通过对 2013—2014 年不同降水条件下径流调控工程土壤水分、土壤理化性质变化及树木生长量等的监测,总结坡面径流调控工程对土壤水分改善的实际效果,分析其对树木生长的影响程度,以期为黄土高原沟壑区坡面径流调控工程建设提供数据支撑。

1 试验地概况

试验地设在黄土高原沟壑区具有典型性和代表性的南小河沟小流域和崆峒沟小流域内。试验点为半干旱气候,年均气温为 8.5℃,年均降水量约 560 mm,年内降水分布不均,7—9 月降水量占全年降水量的 60%~70%,年均蒸发量 1 527 mm,无霜期 180 d。坡面土壤为黄绵土,土质为轻质壤土,土壤养分含量低、肥力低下。

2 试验布设

南小河沟试验点为 2004 年造林,采用 2 年生侧柏

苗,在阳坡采用水平阶、鱼鳞坑及不整地造林(对照)3 种处理;崆峒沟试验点为 2007 年造林,阳坡、阴坡均采用水平阶和鱼鳞坑 2 种整地处理,树种阳坡为侧柏、阴坡为油松,均采用 2 年生苗。水平阶宽 1.0 m、深 30 cm,阶内有拦水埂;鱼鳞坑长径 0.8 m,短径 0.6 m,深 0.4 m,弧形拦水埂。油松、侧柏株行距均为 2 m×4 m,每个处理设 5 个重复。

土壤水分于 2013、2014 年的 3 月至 10 月每月中旬测定一次,取土深度分别为 20、40、60、80 cm,用烘干法处理。土壤理化性质于 2013 年 9 月测定,以环刀法测定土壤容重,重铬酸钾容量法测定土壤有机质,碱解扩散法测定水解性氮,乙酸铵浸提-火焰光度法测定速效钾,NaOH 熔融-钼锑抗比色法测定有效磷。在 2013 年 3 月树木生长萌动前和 2014 年 12 月树木生长停止后,分别调查崆峒沟试验点阳坡和阴坡造林保存率,观测统计各处理的树高和地径(由于试验开始于 2013 年,因此以 2013 年 3 月树木生长萌动前的观测结果代替 2012 年 12 月树木停止生长后的情况)。在试验期间记载日降水量大于 5 mm 的降水,并收集其他气象资料。

试验地水平阶、鱼鳞坑无水毁现象,但有鱼鳞坑蓄水容积基本用完现象。

3 试验期间降水情况

试验地 2012 年降水量为 509.0 mm,有效降水量为 429.5 mm,接近平水年水平;2013 年降水量为 628.5 mm,有效降水量为 545.7 mm,比年均降水量高 60 多

mm,接近偏丰水年水平;2014年降水量为510.9 mm,有效降水量为434.8 mm,属于平水年份。这种正常的年际降水量为试验研究的顺利开展提供了良好的条件。各年逐月降水量见图1。

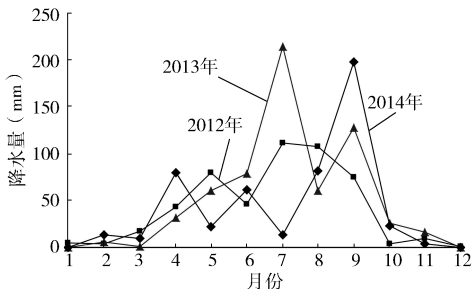


图1 2012—2014年试验区逐月降水量分析

从年内降水特点分析,2012年第四季度无有效降水,土壤含水率相对较低,影响次年树木萌芽时的水分需要;2013年7、8、9三个月降水量为403.6 mm,有效降水量363.2 mm,分别占年降水量和年有效降水量的64.2%和66.6%;2014年7、8、9三个月降水量为294.3 mm,有效降水量268.4 mm,分别占年降水量和年有效降水量的57.6%和61.7%。这种季节性降水特点与树木生长需要持续的水分供应之间的矛盾,为径流调控抗旱研究提供了客观需求。

4 结果与分析

4.1 不同整地方式对土壤含水率的影响

从各整地处理的土壤含水率(图2—7)分析,水平阶整地方式土壤含水率最高,按土壤含水率大小排序为:水平阶>鱼鳞坑>对照。2013年,南小河沟试验点阳坡水平阶土壤含水率平均为15.16%、鱼鳞坑平均为13.95%、对照平均为12.90%;崆峒沟试验点阳坡水平阶土壤含水率平均为14.26%、鱼鳞坑平均为13.35%,阴坡水平阶土壤含水率平均为15.77%、鱼鳞坑平均为14.89%。2014年,南小河沟试验点阳坡水平阶土壤含水率平均为14.27%、鱼鳞坑平均为13.25%、对照平均为12.46%;崆峒沟试验点阳坡水平阶土壤含水率平均为12.98%、鱼鳞坑平均为11.83%,阴坡水平阶土壤含水率平均为14.63%、鱼鳞坑平均为13.61%。

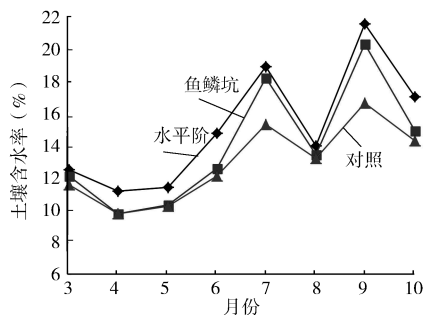


图2 南小河沟试验点2013年阳坡土壤含水率分析

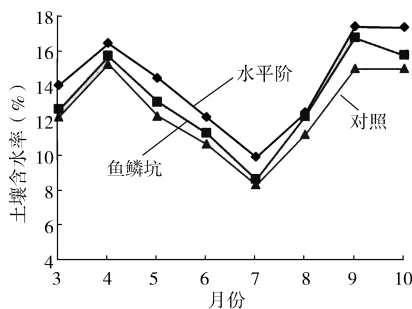


图3 南小河沟试验点2014年阳坡土壤含水率分析

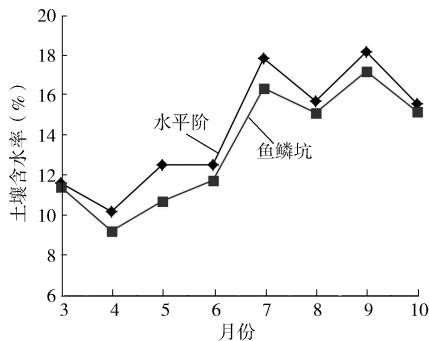


图4 崆峒沟试验点2013年阳坡土壤含水率分析

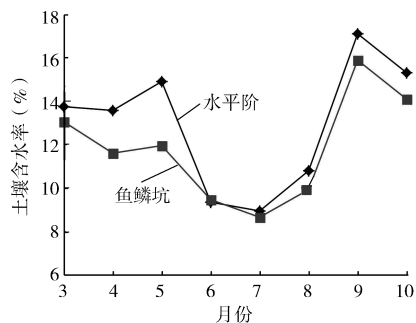


图5 崆峒沟试验点2014年阳坡土壤含水率分析

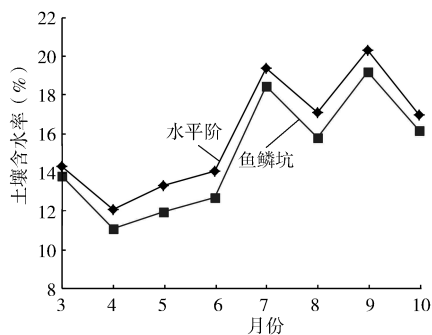


图6 崆峒沟试验点2013年阴坡土壤含水率分析

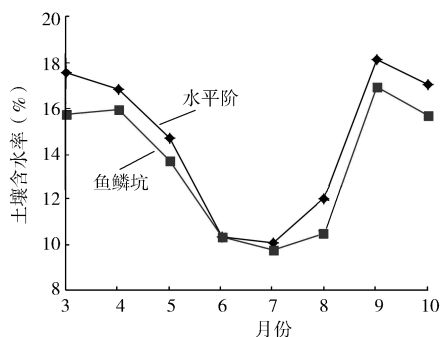


图7 崆峒沟试验点2014年阴坡土壤含水率分析
由观测结果可知:2013年南小河沟试验点阳坡土

壤含水率水平阶整地比鱼鳞坑整地提高 8.70%、比对照提高 17.51%，鱼鳞坑整地比对照提高 8.11%；崆峒沟试验点阳坡土壤含水率水平阶整地比鱼鳞坑整地提高 6.67%，阴坡水平阶整地比鱼鳞坑整地提高 5.89%。2014 年南小河沟试验点阳坡土壤含水率水平阶整地比鱼鳞坑整地提高 7.67%、比对照提高 14.46%，鱼鳞坑整地比对照提高 6.3%；崆峒沟试验点阳坡土壤含水率水平阶整地比鱼鳞坑整地提高 9.77%，阴坡水平阶整地比鱼鳞坑整地提高 7.49%。

观测结果表明，径流调控工程具有较高的拦蓄径流的能力，特别是在当月降水后，土壤含水率明显高于对照；但在降水量比较少的月份，各处理土壤含水率相差不大。

不同整地方式能不同程度地提高土壤含水率，采用不同整地方式后侧柏、油松根系周围土壤含水率都有所增加。测定结果显示，各处理 0~80 cm 土层以

20~40 cm 处土壤含水率最高，而这个土层深度正好是苗木根系集中分布层，因而有利于树木的生长。但数据表明，在个别干旱早月份，特别在阳坡面，20 cm 深度土壤含水率低于 40、60 cm 深度处。

4.2 不同整地方式对土壤理化性质的影响

整地不但可以有效地拦截自然降水，增强土壤的抗旱保墒能力，而且能疏松土壤，加厚活土层，改善土壤肥力状况(表 1)。经过不同方式的整地，有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量均有不同程度增加，土壤养分含量总体上水平阶>鱼鳞坑>对照，土壤容重则是水平阶<鱼鳞坑<对照，这与水平阶土壤含水率较高、林草生长状况较好相一致。水平阶养分含量较鱼鳞坑和对照高，这主要是由于水平阶拦蓄径流和枯枝落叶的能力较强，加强了腐殖化作用的进行，使营养元素在表层富集。因此，在有条件的坡面，栽植树苗时可考虑覆草，以起到保墒作用^[3]，提高苗木成活率和生长量。

表 1 不同处理措施对土壤理化性质的影响(2013 年 9 月)

地点	树种	造林年限 (a)	整地方式	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	容重 (g/cm ³)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	缓效钾 (mg/kg)
南小河沟阳坡	侧柏	9	水平阶	20~40	14.34	1.25	22.2	1.38	128.2	1 287.2
			鱼鳞坑	20~40	13.52	1.29	26.2	1.18	96.8	912.2
			对照	20~40	13.08	1.31	20.6	1.08	93.2	885.2
崆峒沟阳坡	侧柏	6	水平阶	20~40	13.02	1.23	51.4	1.30	159.6	1 297.0
			鱼鳞坑	20~40	12.84	1.26	36.6	1.04	145.8	1 215.8
崆峒沟阴坡	油松	6	水平阶	20~40	10.86	1.12	49.0	1.06	149.0	1 229.4
			鱼鳞坑	20~40	9.38	1.14	48.4	0.96	142.2	1 309.2

4.3 不同整地方式对树木生长量的影响

崆峒沟试验点阳坡和阴坡造林保存率及树木生长情况观测结果见表 2。在试验期内，阳坡水平阶整地侧柏年均地径增加 0.32 cm、年均树高增长 26.0 cm，鱼鳞坑整地侧柏年均地径增加 0.26 cm、年均树高增长 22.0 cm，水平阶整地比鱼鳞坑整地侧柏地径年均增长 23.08%、树高年均增长 18.18%。阴坡水平阶整地油松

年均地径增加 0.54 cm、年均树高增长 38.0 cm，鱼鳞坑整地油松年均地径增加 0.47 cm、年均树高增长 33.5 cm，水平阶整地比鱼鳞坑整地油松地径年均增长 14.89%、树高年均增长 13.43%。观测结果表明，水平阶整地的造林保存率和树木年生长量均高于鱼鳞坑整地；并且，因水平阶土壤含水率高，故其树下自然植被也得到改善，草丛密度、高度和覆盖度均有所提高。

表 2 崆峒沟各处理阳坡侧柏、阴坡油松年生长量观测结果

调查时间	坡向	整地方式	树龄(a)	保存率(%)	株行距(m)	密度(株/hm ²)	地径(cm)	树高(cm)
2013 年 3 月	阳坡	水平阶	7	90	2×4	1 250	3.31	191.0
		鱼鳞坑	7	86	2×4	1 250	2.75	151.0
2014 年 12 月	阳坡	水平阶	9	90	2×4	1 250	3.95	243.0
		鱼鳞坑	9	86	2×4	1 250	3.27	195.0
2013 年 3 月	阴坡	水平阶	7	94	2×4	1 250	5.99	161.0
		鱼鳞坑	7	92	2×4	1 250	5.53	152.0
2014 年 12 月	阴坡	水平阶	9	94	2×4	1 250	7.06	237.0
		鱼鳞坑	9	92	2×4	1 250	6.46	219.0

4.4 不同整地方式的投入

整地成本根据 2014 年市场价格计算。水平阶整地成本为 5 625 元/hm²，鱼鳞坑整地成本为 2 875 元/hm²，水平阶整地比鱼鳞坑整地成本高 2 750 元/hm²。

各处理以水平阶整地成本最高，其次为鱼鳞坑，不整地处理无整地费用。根据土壤含水率、树木生长量与整地投资对比结果，水平阶整地处理效果最好，鱼鳞坑整地处理效果次之，说明坡面造林整地投工量越大，工程

标准越高,拦蓄效果越好,土壤含水率越高,树木生长量也越大。从水土保持生态服务功能价值来看,水平阶、鱼鳞坑造林整地工程可以有效地拦蓄坡面雨水径流,改善土壤入渗性能,增加土壤含水率,为土壤水分的贮存和保持创造了条件,因此土壤含水率比同坡向荒坡均有明显增加^[4]。水平阶内草类植被生长明显好于对照不整地处理;鱼鳞坑拦蓄坡面径流面积较水平阶小,拦蓄容积也有限,使用年限较水平阶短;对照不整地无拦蓄效果。水平阶能有效减少坡面水土流失和养分流失,可使径流量和产沙量分别减少 67.9% 和 79.5%,使坡耕地氮、磷流失总量分别减少 53.47% 和 86.83%^[5]。有研究表明,水平阶相对 10° 坡耕地的减水、减沙效益分别达到 74.55% 和 80.52%^[6]。因此,在黄土高原沟壑区条件比较好、比较完整的坡面,应大力推广采用水平阶造林整地,在较陡或支离破碎的坡面上可大面积采用鱼鳞坑整地,以提高造林成活率和保存率。

5 结 论

陇东黄土高原沟壑区造林,水分缺乏是突出的限制因子。通过径流调控工程,切断了径流在坡面和土壤中的流路,改变了降水在自然坡面的分配,拦蓄了坡面径流,增加了降雨入渗。

造林成活率、保存率与苗木根系周围土壤含水率的高低有明显关系,二者呈正相关。水平阶、鱼鳞坑的拦蓄效果在一定范围内与降水量呈正相关关系,在雨水充分的年份效果明显,在天气持续干旱到一定程度时效果不明显。

通过径流调控工程,土壤含水率增加,土壤容重有所降低,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量均有

(上接第 49 页)但土样中的总砷超标,存在轻度污染;水样中的总氮未超标,但有 60% 的总磷超标;部分水样的 COD 存在超标现象。需要指出的是,观测期间,受黄龙病影响,大部分果园处于几近荒废状态,因此可以推论,在正常生产年份,施用的化肥、农药量将大大增加,可能会导致以上测定项目含量提高。此外,在赣南这样的南方丘陵山区降雨量大且集中,在水源地区域开发脐橙园极易受降雨影响而造成水土流失和面源污染危害。因此,现阶段须加强对水库周边现有脐橙园的监测,严格控制施肥和打药,将水土流失和面源污染造成的风险降到最低水平。同时,建议用 2~3 年的时间逐步施行退果还林措施,从而保证饮用水水源的长期清洁与安全。

[参考文献]

[1] 申晓云,党晨席.我国水源地非点源污染现状分析与对策

不同程度增加,造林的成活率、保存率提高,树高、地径等年生长量也明显高于不整地,这说明径流调控工程在一定程度上缓解了土壤水分缺乏的状况,提高了树木生长量。

通过树木生长量及投资成本的分析,在陇东黄土高原沟壑区坡面相对完整、立地条件较好的坡面采用水平阶造林效果更好,在坡度较大、坡面不完整的坡面宜采用鱼鳞坑造林。

[参考文献]

- [1] 吴普特,高建恩.黄土高原水土保持新论[M].郑州:黄河水利出版社,2006:3.
- [2] 吴淑芳,吴普特,宋维秀,等.坡面径流调控措施下的水沙输出过程及减流减沙效应研究[J].水利学报,2010,41(7):870-875.
- [3] 王志雄,白文瑗,李焱林.黄土高原沟壑区油松、侧柏抗旱造林技术研究[J].人民黄河,2006,28(8):84-85.
- [4] 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):59-67.
- [5] 褚利平,王克勤,白文忠,等.水平阶影响坡地产流产沙及氮磷流失的试验研究[J].水土保持学报,2010,24(4):1-6.
- [6] 李苗苗,王克勤,陈志中,等.不同坡度下反坡水平阶的蓄水减沙效益[J].水土保持研究,2011,18(6):100-104.

[作者简介] 王志雄(1975—),男,甘肃庆阳市人,高级工程师,学士,主要从事水土保持生态建设与科学研究工作。

[收稿日期] 2017-11-10

(责任编辑 徐素霞)

- 建议[J].中国农村水利水电,2014(10):30-37.
- [2] 莫明浩,方少文,涂安国,等.水土流失面源污染及其防控研究综述[J].中国水土保持,2012(6):32-33.
- [3] 陈晓安,杨洁,季宏兵,等.赣南的水土流失及防治对策[J].中国水土保持,2012(8):58-59.
- [4] 孙永明,叶川,黄欠如,等.赣南脐橙园不同水保措施应用效果研究[J].中国水土保持,2016(8):9-12.
- [5] 王学雄,谷成英,黄齐.赣南脐橙园水土流失面源污染的初步研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(5):74-77.
- [6] 贝荣塔,周跃,何敏.土壤中氮磷和滇池水体污染的潜在关系[J].西北林学院学报,2010,25(2):30-34.
- [7] 李文攀,朱擎,李东一,等.集中式饮用水源地水质评价方法研究[J].中国环境监测,2015,31(1):24-27.

[作者简介] 王学雄(1963—),男,江西兴国县人,副教授,博士,研究方向为水土保持和流域管理。

[收稿日期] 2017-06-15

(责任编辑 李杨杨)