

黄土高原吕二沟流域不同植被下的坡面径流特征

吕锡芝, 康玲玲, 左仲国, 孙娟, 倪用鑫

黄河水利科学研究院//水利部黄土高原水土流失过程与控制重点实验室, 河南 郑州 450003

摘要: 为研究不同植被下的坡面径流及其组分特征, 选择黄土高原丘陵沟壑区第三副区典型小流域不同植被为研究对象, 采用野外定位观测与室内试验相结合的方法, 分析坡面上不同植被下的径流特征, 以期为该区域的森林植被恢复与经营提供理论依据和技术支撑。结果表明: 不同的林分由于其植被情况、土壤状况、根系等其他条件的不同, 其对地表径流、壤中流等径流组分的影响有所差异, 在相同的降雨条件下, 4 个不同植被类型的径流小区其产流量表现为灌木>混交>刺槐>油松, 地表径流量也表现出相同的规律, 表现为灌木>刺槐>油松>混交, 而壤中流量则不同于上述两者, 表现为混交>油松>灌木>刺槐。刺槐和灌木径流小区的坡面径流主要形式为地表径流, 分别占总径流的 95.61%和 91.62%; 混交径流小区的坡面径流主要形式为壤中流, 占总径流的 90.86%; 而油松径流小区的坡面径流各组分所占比例较平均, 地表径流和壤中流所占比例分别为 61.99%和 38.01%。降水是径流产流的最主要的来源, 尤其是对于季节性降水明显的黄土高原地区, 降雨量达到一定的阈值才会产生径流过程; 降雨强度对地表径流和壤中流的影响有所差异; 前期土壤含水量是影响坡面产流的一个非常重要的因素。

关键词: 黄土高原; 植被; 坡面径流; 地表径流; 壤中流

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.07.005

中图分类号: S715

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2015) 07-1113-05

引用格式: 吕锡芝, 康玲玲, 左仲国, 孙娟, 倪用鑫. 黄土高原吕二沟流域不同植被下的坡面径流特征[J]. 生态环境学报, 2015, 24(7): 1113-1117.

LV Xizhi, KANG Lingling, ZUO Zhongguo, SUN Juan, NI Yongxin. Characteristics of Slope Runoff under Different Vegetation Conditions in Lvergou Watershed of the Loess Plateau [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(7): 1113-1117.

近年来, 水资源短缺的问题已成为制约黄土高原地区经济和社会发展的瓶颈问题, 同时也是限制干旱和半干旱地区生态系统中森林植被分布和生物多样性的关键因子(琚彤军等, 2007; 王占礼等, 2005; 于国强等, 2010; 张建军等, 2008; 王清华等, 2004)。作为最大的陆地生态系统, 森林植被对水分循环的调节作用是巨大的, 它影响着水量平衡的每个环节(Hamed et al., 2002; Liu et al., 2014; Pan et al., 2006)。在水资源匮乏的黄土高原地区, 森林植被维持自身生长就需要不断蒸腾耗水, 而植被的种类、数量和结构的不合理会造成黄土高原地区的水资源不能满足森林植被的正常生长所需, 这就导致了水资源的长年短缺伴随着生态环境逐年退化的恶性循环(骆宗诗等, 2007; 石培礼等, 2001; 吴希媛等, 2006; 于国强等, 2009; 左小安等, 2009)。森林植被作为很重要的生态恢复因子, 其蓄水保土、截留降水、减少地表径流、拦截泥沙等方面的作用已被大量的研究结果所证实(周光益等, 1993; 太立坤等, 2009; Wang et al., 2013; 王玉杰等,

2005; 肖金强等, 2006; 张永利等, 2010; 朱晓梅等, 2009)。

在森林生态与水文过程之间, 具有复杂的响应关系和相互作用, 关键影响过程和功能大小也有时空尺度变化和区域差异, 而目前科学认识仍不统一并严重滞后, 即使在森林影响径流和洪水这些传统方面也还不一致; 在森林影响产流方面更是争论很大, 森林植被如何对黄土高原地区的水资源形成过程进行调控, 其对径流量的影响有多大, 由于植被重建导致的径流减少量占该地区径流减少量的比例有多大, 这些问题都严重制约着林业生态工程管理的科学决策。关于森林植被影响水文过程尤其是径流的形成过程的研究, 在坡面尺度上, 不同植被下的坡面径流及其组分特征的研究较少。鉴于以上问题, 本研究选择黄土高原丘陵沟壑区第三副区典型小流域不同植被为研究对象, 采用野外定位观测与室内测试分析相结合的方法, 研究不同植被下的坡面径流特征, 以期为该区域的森林植被恢复与经营提供理论依据和技术支撑。

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (HKF-2014-03; HFY-JBYW-2016-04); 水利部黄土高原水土流失过程与控制重点实验室开放课题基金项目 (2015004)

作者简介: 吕锡芝 (1986 年生), 男, 工程师, 博士, 主要从事森林水文、水土保持方面研究。E-mail: nihulvxizhi@163.com

收稿日期: 2015-04-13

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省天水市南郊的吕二沟流域,地貌上属于我国黄土高原丘陵沟壑区第三副区,地理坐标为 E105°42'20"~105°44'20", N34°30'40"~34°34'20"之间,流域总面积为 12.01 km²。气候属于温带半干旱大陆性气候,雨热同期。多年平均气温为 1.04 °C,最高温度出现在 7—8 月份,平均为 22.1 °C,最低温度出现在 1 月份,多年平均为 0.52 °C。多年平均降水量为 533.65 mm,6—9 月 4 个月间降水总量占全年降水量的 85%以上。土壤为黄土质灰褐土,土层厚度 50 cm 以上。植被类型为温带落叶林带,主要乔木树种有油松 (*Pinus tabulaeform*)、刺槐 (*Quercus variabilis*) 等,主要的灌木树种有沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn)、酸枣 (*Ziziphus jujuba var. spinosa*) 等,主要的草本植物有白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*)、中华羊茅 (*Festuca sinensis* Keng)、狗牙根 (*Cynodon dactylon*)、铁杆蒿 (*Artemisia sacrorum* Ledeb) 等。

1.2 试验设计

选择流域内的典型林分类型(灌木林、刺槐林、油松林、针阔混交林)设置固定样地,在固定样地内各设置一个天然降雨径流场,位置设置在坡面平整的坡地上。径流场宽 5 m,与等高线平行,水平投影长 20 m,水平投影面积 100 m²。径流场上部及两侧设置围埂,围埂外侧设置保护带,宽 2 m,处理和径流场相同,下部设置集水槽,在径流场集水槽出水口,安装地表径流测量系统的平缓导流槽进行引流,确保对接严密无缝隙,承接径流小区地表径流。导流槽下土壤内再设置壤中流导水管,导流槽及壤中流导水管均接入不同的分流箱,地表径流及壤中流由水箱中 HOBO 水位计自动监测。径流场概况见表 1。

表 1 径流场基本信息表

Table 1 Runoff plots' basic information

编号	优势树种	平均树高/ m	平均胸径/ cm	土壤厚度/ cm	坡度/ °	枯落物厚度/ cm
1 号	刺槐	8.5	11.5	70	25	3.3
2 号	油松	7.8	12.3	75	24	3.8
3 号	灌木	2.5	/	70	25	2.3
4 号	混交林	8.8	11.8	75	23	4.6

在实验样地内外各设置一个小型气象站,实时监测空气温度(°C)、降雨量(mm)、降雨强度(mm·min⁻¹)、净辐射(W·m⁻²)、空气相对湿度(%),风速(m·s⁻¹)和风向等气象因子,数据采集频率为每分钟 1 次。

2 试验结果及讨论

不同的林分由于其植被情况、土壤状况、根系

等等其他条件的不同,其对地表径流、壤中流等径流组分的影响也有差异,本研究为了解不同林分对不同径流组分的影响,对不同林分的地表径流和壤中流进行定量分析和比较。

2.1 坡面总径流特征

2012 年和 2013 年两个生长季(6 月—9 月)期间,试验地共降雨 41 次,其中有 9 场降雨使坡面产生径流,4 种植被类型径流小区产流情况如表 2 所示。在相同的降雨条件下,4 个不同植被类型的径流小区其产流量也有所差异,其中灌木径流小区的产流总量最大,为 10.48 mm;其次为混交林径流小区,其产流总量为 7.65 mm;再次为油松径流小区,其产流总量为 5.51 mm;而刺槐径流小区产流总量最小,其产流总量为 3.25 mm。单场降雨条件下各径流小区产流量也表现出相同的规律,也表现为灌木>混交>刺槐>油松。

表 2 试验径流小区坡面总产流量

Table 2 Runoff plots slope runoff

mm

场次	降雨量	刺槐	油松	灌木	混交
1	46	0.605	0.455	1.255	1.386
2	25.8	0.3	0.465	1	1.59
3	21.5	0.15	0.075	0.25	0.175
4	30.2	0.39	0.165	0.76	0.27
5	65.5	1.182	0.871	1.93	1.16
6	28.2	1.553	0.655	2.315	1.883
7	41.6	0.134	0.0835	0.942	0.223
8	61.6	0.346	0.111	0.731	0.288
9	76.8	0.852	0.3725	1.295	0.675
总	397.2	5.512	3.253	10.478	7.65

植被减少坡面径流主要是通过林冠截留、增加土壤入渗和增加坡面蒸散发而产生作用。乔木林分与灌木林相比,乔木林冠层对降雨的截留量更大(范世香等,2007),一般可达到降雨量的 20%~30%;同时其蒸腾作用要远远大于灌木的蒸腾量,因此其坡面蒸散发量更大;乔木树种的根系可达土壤下 50~100 cm,而灌木的根系多分布在土壤表层 0~20 cm,乔木树种对于增加土壤孔隙度等的土壤改良作用更大,使得乔木林分的坡面土壤入渗量要远大于灌木林分。另外,由于生长季雨水充沛,乔木林下也有相当密集的灌木存在。因此,乔木林分坡面产流量要远远小于灌木坡面产流。

就不同的乔木林分来说,其不同的林冠结构导致不同的林冠截留量可能是其坡面产流量差异的主要原因。针叶树种由于其密集的针叶,具有更大的林冠截留量,有些甚至林冠截留量可达 30%以上,因此在本研究中,混交林分坡面的产流量更大;油松由于叶片呈细长针状,而且多为簇状生长,因此具有更大的林冠截留量;而刺槐叶片较短,而且片状生长,因此林冠截留量相比油松林分更小。因此在本研究区,产流量混交坡面>刺槐坡面>油松坡面。

2.2 不同植被坡面径流组分特征

为分析不同植被对坡面地表径流及壤中流的影响, 9次产流过程的4个径流小区的坡面地表径流量和壤中流量如表3所示。

从表3可以看出, 在相同的降雨条件下, 4个不同植被类型的径流小区其地表径流量也有所差异。2012年和2013年两个生长季, 在4个径流小区中, 灌木径流小区的地表径流量最大, 为9.60 mm; 其次为刺槐径流小区, 其产流总量为5.27 mm; 再次为油松径流小区, 地表径流量为2.02 mm; 而混交径流小区地表径流量最小, 为0.70 mm。单场降雨条件下各径流小区产流量也表现出相同的规律, 也表现为灌木>刺槐>油松>混交。

4个不同植被类型的径流小区其壤中流产流量也有所差异。其中混交径流小区的坡面壤中流产流量最大, 为6.95 mm; 其次为油松径流小区, 壤中流产流量为1.24 mm; 再次为灌木径流小区, 为0.88 mm; 刺槐坡面径流小区的壤中流产流量最小, 仅为0.24 mm。

为进一步研究不同植被对径流组分的影响, 特分析4个径流小区的地表径流和壤中流所占百分比如图1所示。

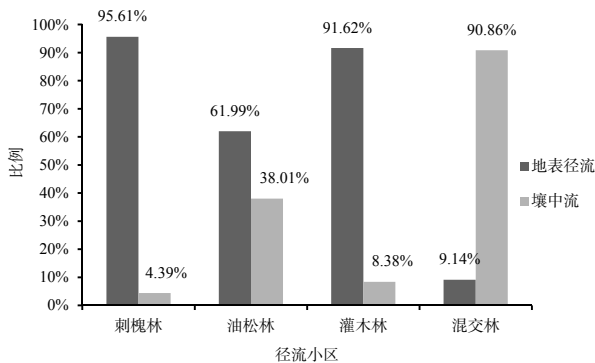


图1 各试验径流小区径流组分百分比

Fig. 1 The percentage of runoff component in runoff plots

从图1中可以看出, 刺槐和灌木径流小区的坡面径流主要形式为地表径流, 分别占总径流的95.61%和91.62%; 混交径流小区的坡面径流主要形

式为壤中流, 占总径流的90.86%; 而油松径流小区的坡面径流各组分所占比例较平均, 地表径流和壤中流所占比例分别为61.99%和38.01%。

壤中流是土壤包气带中的一种饱和水流, 与土壤结构密切相关。植被类型为针阔混交的坡面, 其不同树种的枯落物和根系分布相对于单一树种来说, 具有更好的土壤改良效果, 更有利于坡面土壤入渗, 因此, 其径流以壤中流为最主要的形式。灌木树种的根系较浅, 对土壤孔隙度的影响很有限; 刺槐虽为乔木树种, 但研究表明, 其根系多分布在土壤40~60 cm, 另一方面, 刺槐林的林下枯落物很少, 其对土壤入渗的促进作用有限, 因此灌木坡面和侧柏坡面的径流形式主要为地表径流。油松林的枯落物较厚, 而且其枯落物为松针, 十分蓬松, 有利于蓄水, 另一方面, 其根系分布可达土壤下60~90 cm, 因此, 其径流形式较丰富, 地表径流和壤中流所占比例较为平均。

由于黄土高原地区降水季节性明显, 在研究区影响坡面产流的形成及其径流量大小及其组分组成的最主要的因素是林下枯落物的厚度。枯落物层有更大的孔隙结构, 相比于土壤层, 更有利于降雨前期的降雨的储存, 而减少了裸土层的“超渗产流”的产生。就4种林分类型来看, 混交林林下枯落物层最厚, 油松林次之, 而刺槐林与灌木林的林下枯落物则较少, 因此4种林分中, 混交林的径流形式多以壤中流为主, 而刺槐林与灌木林则多以地表径流的形式。

同一降雨条件下不同林型的坡面, 其地表径流产流过程也有所差异。本文选择一次降雨产流过程, 对比分析各径流小区坡面地表径流产流过程如图2所示。

从图2中可以看出, 4种林型的地表径流产流过程曲线的变化趋势大体上表现一致, 呈现出了一定的层次感, 这说明不同的林型对地表径流的产流过程有了一定的影响, 但似乎只是对地表径流发生、结束时间和径流量有明显影响, 而对整个地表径流过程曲线并没有太大的影响, 林型之间的差异

表3 试验径流小区坡面地表径流量和壤中流量
Table 3 Runoff plots slope surface runoff and interflow

mm

场次	降雨量	刺槐		油松		灌木		混交林	
		地表径流	壤中流	地表径流	壤中流	地表径流	壤中流	地表径流	壤中流
1	46	0.52	0.085	0.25	0.205	1.13	0.125	0.04	1.346
2	25.8	0.25	0.05	0.1	0.365	0.85	0.15	0.14	1.45
3	21.5	0.15	0	0.025	0.05	0.25	0	0.05	0.125
4	30.2	0.38	0.01	0.1	0.065	0.75	0.01	0.02	0.25
5	65.5	1.14	0.042	0.685	0.186	1.68	0.25	0.21	0.95
6	28.2	1.52	0.033	0.5	0.155	2.13	0.185	0.14	1.743
7	41.6	0.13	0.004	0.035	0.049	0.89	0.052	0.01	0.213
8	61.6	0.34	0.006	0.06	0.051	0.71	0.021	0.02	0.268
9	76.8	0.84	0.012	0.262	0.111	1.21	0.085	0.069	0.606
总	397.2	5.27	0.242	2.017	1.237	9.6	0.878	0.699	6.951

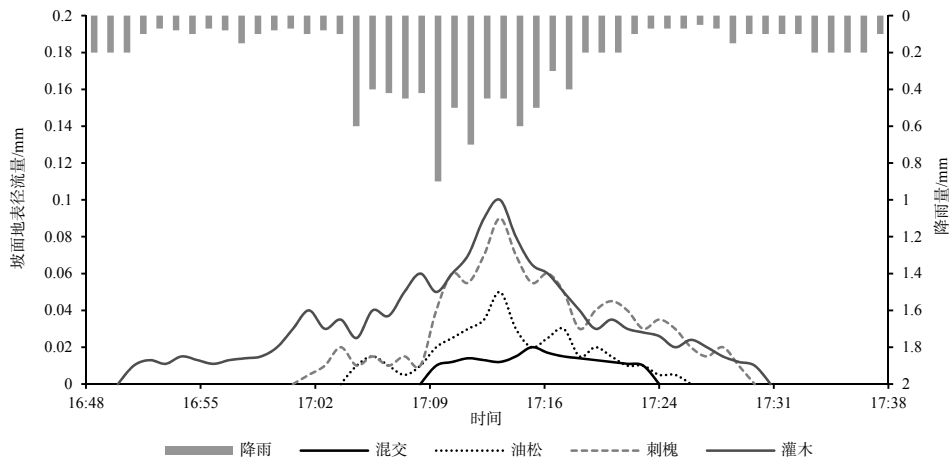


图2 各径流小区坡面地表径流产流过程

Fig. 2 Slope surface runoff process in runoff plots

只是对这个过程改变的大小而已。观察地表径流曲线与降雨过程曲线可以看出,地表径流的产流过程与降雨过程有明显的相似性,地表径流的峰值与降雨量的峰值出现的时刻十分相近,这说明地表径流的产流过程主要受降雨这个起源动力的影响,而不同的林型则主要影响其发生、结束时间和产流量,而对整个产流过程曲线的影响不大。

2.3 坡面产流分析

降水是径流产流的最主要的来源,尤其是对于季节性降水明显的黄土高原地区,其生长季6—9月份降雨占全年降雨的80%以上。研究区2012—2013年6—9月的两个生长季期间共降水60次,而只产流9次。在所有的降雨场次上看,大部分(47次)降雨的降雨量均小于20 mm,而产流的9次降雨其雨量均大于20 mm,因此降雨量对坡面的产流有直接的影响作用,降雨量达到一定的阈值才会产生径流过程。与地表径流相似,降雨量对壤中流量也有很重要的影响。2012—2013年的两个生长季内的9次壤中流产流过程也多发生在降雨量大于20 mm的次降雨,而低雨量的降雨,降水多被林地土壤所涵养,并不能产生壤中流。

坡面产流形式主要分为蓄满产流和超渗产流两种,由此可知,降雨对坡面产流的影响中,除了降雨量的影响以外,降雨强度也是一个不容忽视的问题。就2012年7月15日与2013年6月24日的降雨过程对比,两场降雨的降雨量分别为30.20与24.20 mm,降雨量相差不大,但后一场降雨产生的坡面径流,而前一场降雨则没有径流产生,这主要是由于两场降雨的雨强不同,前者的降雨雨强为 $3.86 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,而后者仅为 $0.95 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ 。雨强对壤中流的影响与对地表径流的影响有所差异,降雨强度越大,越不利于雨水的入渗,而多以超渗产流的形式形成地表径流。而雨强越小,越有利于雨水向土壤的入渗,而随着土壤入渗量的增大,土壤慢

慢达到饱和,形成壤中流。

除降雨因素以外,许多研究均指出,前期土壤含水量是影响坡面产流的一个非常重要的因素(张向炎,2010),尤其是对研究区生长季期间,降雨频繁,蒸散发强烈。前期降水量越大,土壤越容易达到饱和,也就越容易产生地表径流。2013年9月1日的降雨,降雨量达到97.60 mm,降雨强度也较高,为 $3.72 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,降雨量跟雨强均较大,但并未产生径流。这主要是由于前期土壤含水量十分低,从8月13日至8月31日的20 d的时间内没有任何降雨,而8月份气温高、辐射强,林地蒸散发强烈,土壤含水量十分低,因此,尽管这场降雨雨量和雨强均较大,依然没有产生径流。前期土壤含水量不仅对地表径流有影响,同样对壤中流的影响也不容忽视。前期土壤含水量约小,大量降雨在入渗土壤层后多以土壤水的形式被含蓄在土壤中,土壤不容易达到饱和,无法产生壤中流。而前期土壤含水量越大,土壤剩余的入渗容量越小,林下土壤也越容易达到饱和,随着降雨的进行,入渗的土壤水分无法再以土壤水的形式储存在土壤层中,形成壤中流。

3 结论

(1)不同的林分由于其植被情况、土壤状况、根系等等其他条件的不同,其对地表径流、壤中流的径流组分的影响也有差异,植被减少坡面径流主要是通过林冠截留、增加土壤入渗和增加坡面蒸散发而产生作用。在相同的降雨条件下,4个不同植被类型的径流小区其产流量表现为灌木>混交>刺槐>油松,地表径流量也表现出相同的规律,表现为灌木>刺槐>油松>混交,而壤中流量则不同于上述两者,表现为混交>油松>灌木>刺槐。

刺槐和灌木径流小区的坡面径流主要形式为地表径流,分别占总径流的95.61%和91.62%;混交径流小区的坡面径流主要形式为壤中流,占总径

流的 90.86%; 而油松径流小区的坡面径流各组分所占比例较平均, 地表径流和壤中流所占比例分别为 61.99% 和 38.01%。

(2) 降水导致地表径流与壤中流的产生过程中均存在一个阈值, 当降水量达到阈值坡面径流才会产生。降雨强度对地表径流和壤中流的影响有所差异, 降雨强度越大, 而多以超渗产流的形式形成地表径流; 而雨强越小, 越容易形成壤中流。前期土壤含水量是决定径流产生与否的重要的影响因子, 前期土壤含水量越大越容易产生坡面产流。

参考文献:

- HAMED Y, JEAN A, YANNICK P, et al. 2002. Comparison between rainfall simulator erosion and observed reservoir sedimentation in an erosion-sensitive semiarid catchment [J]. *Catena*, 50(1): 1-16.
- LIU H J, LI Y, JOSEF T, et al. 2014. Quantitative estimation of climate change effects on potential evapotranspiration in Beijing during 1951-2010 [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 24(1): 93-112.
- PAN C Z, SHANG GUAN Z P. 2006. Runoff hydraulic characteristics and sediment generation in sloped grassplots under simulated rainfall conditions [J]. *Journal of Hydrology*, 331(1-2): 178-185.
- WANG W G, SHAO Q X, YANG T, et al. 2013. Quantitative assessment of the impact of climate variability and human activities on runoff changes: a case study in four catchments of the Haihe River basin, China [J]. *Hydrological processes*, 27(8): 1158-1174.
- 范世香, 高雁, 程银才, 等. 2007. 林冠对降雨截留能力的研究[J]. *地理科学*, 27(2): 200-204.
- 据彤军, 刘普灵, 徐学选. 2007. 不同次降雨条件对黄土区主要地类水

- 沙动态过程的影响及其机理研究[J]. *泥沙研究*, (4): 65-71.
- 骆宗诗, 向成华, 慕长龙. 2007. 绵阳官司河流域主要森林类型凋落物含量及动态变化[J]. *生态学报*, 27(5): 1772-1781.
- 石培礼, 李文华. 2001. 森林植被变化对水文过程和径流的影响效应[J]. *自然资源学报*, 16(5): 481-487.
- 太立坤, 余雪标, 杨曾奖, 等. 2009. 三种类型森林林下植物多样性及生物量比较[J]. *生态环境学报*, 18(1): 229-234.
- 王清华, 李怀恩, 卢科锋, 等. 2004. 森林植被变化对径流及洪水的影响分析[J]. *水资源与水工程学报*, 15(2): 21-24.
- 王玉杰, 王云琦. 2005. 森林对坡面产流的影响研究[J]. *世界林业研究*, 18(3): 12-15.
- 王占礼, 黄新会, 张振国, 等. 2005. 黄土裸坡降雨产流过程试验研究[J]. *水土保持通报*, 25(4): 1-4.
- 吴希媛, 张丽萍. 2006. 降水再分配受雨强、坡度、覆盖度交叉影响机理探讨[J]. *水土保持学报*, 20(4): 28-30.
- 肖金强, 张志强, 武军. 2006. 坡面尺度林地植被对地表径流与土壤水分的影响初步研究[J]. *水土保持研究*, 10(5): 227-231.
- 于国强, 李占斌, 李鹏, 等. 2010. 不同植被类型的坡面径流侵蚀产沙试验研究[J]. *水科学进展*, 21(5): 593-599.
- 于国强, 李占斌, 张霞, 等. 2009. 野外模拟降雨条件下径流侵蚀产沙试验研究[J]. *水土保持学报*, 23(4): 10-14.
- 张建军, 纳磊, 董煌标, 等. 2008. 黄土高原不同植被覆盖对流域水文的影响[J]. *生态学报*, 28(8): 3597-3605.
- 张向炎, 史学正, 于东升, 等. 2010. 前期土壤含水量对红壤坡面产流产沙特性的影响[J]. *水科学进展*, 21(1): 23-29.
- 张永利, 杨锋伟, 王兵, 等. 2010. 中国森林生态系统服务功能研究[M]. 北京: 科学出版社: 16-28.
- 周光益, 陈步峰, 曾庆波, 等. 1993. 尖峰岭热带山地雨林产流特征研究[J]. *林业科学研究*, 6(1): 70-75.
- 朱晓梅, 张丽萍, 方继青, 等. 2009. 红壤坡地土壤水蚀过程的产流产沙动态模拟试验研究[J]. *科技通报*, 25(5): 680-683.
- 左小安, 赵学勇, 赵哈林, 等. 2009. 沙地退化植被恢复过程中灌木发育对草本植物和土壤的影响[J]. *生态环境学报*, 18(2): 643-647.

Characteristics of Slope Runoff under Different Vegetation Conditions in Lvergou Watershed of the Loess Plateau

LV Xizhi, KANG Lingling, ZUO Zhongguo, SUN Juan, NI Yongxin

Yellow River Institute of Hydraulic Research//Key Laboratory of the Loess Plateau Soil Erosion and Water Loss Process and Control of Ministry of Water Resources, Zhengzhou 450003, China

Abstract: To study characteristics of slope runoff and its components under different vegetation, different vegetation of typical small watershed in Loess Hilly Region Third Deputy District was selected in this paper. Using the methods of field observation and laboratory test to analyze the slope runoff characteristics under different vegetation, the paper will provide theory and technology support for forest vegetation restore and management in this region. The results showed that the impacts of different stand on surface runoff, subsurface flow and other runoff components varied because of its different vegetation, soil conditions and roots, etc. Under the same rainfall conditions, the runoff of four plots with different vegetation types showed shrub> mixed> locust> pine. The same law was also exhibited in surface runoff with the performance of shrubs> locust> pine> mixed. While subsurface flow was different from the both above with the performance of mixed > pine> shrub> locust. The main form of slope runoff of locust and shrub runoff plots was surface runoff, which accounted for 95.61% and 91.62% of the total runoff respectively. The main form of slope runoff of mixed runoff plots was subsurface flow, which accounted for 90.86%. The surface runoff and subsurface flow of slope runoff of pine runoff plots accounted for 61.99% and 38.01% respectively. Precipitation, especially for the Loess Plateau which seasonally rains obviously, is the main source of runoff. When the rainfall reaches a certain threshold, runoff process will be produced. The effects of rainfall intensity on surface runoff and subsurface flow were different. Antecedent soil moisture was a very important factor which affected slope producing flow.

Key words: Loess Plateau; vegetation; slope runoff; surface runoff; subsurface flow