

喀斯特地区枯落物层对地表径流和土壤侵蚀的影响研究

周秋文, 李璇, 郭兴房

(贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001)

摘要:以枯落物层质量和雨强为影响因素进行室内人工模拟降雨试验,探讨喀斯特地区枯落物层对地表径流和土壤侵蚀的影响规律。结果表明:①地表无枯落物覆盖的情形下,除雨强为40mm/h无地表径流外,其它雨强的情形均有产流;且均随着雨强的增加,初始产流时间提前,地表产流产沙量增大。②在有枯落物覆盖情形下,初始产流时间有所延缓,在40mm/h雨强下,枯落物层明显影响了地表径流的产生,但随着降雨强度的增加,减少径流效果越来越不明显;③枯落物覆盖对减少土壤流失效果显著,其中降雨强度为90mm/h时,枯落物保沙效率约99%,当降雨强度为140mm/h时,达到94%。研究表明,喀斯特地区枯落物层对延缓地表径流和减少土壤侵蚀具有重要作用。

关键词:枯落物;地表径流;土壤侵蚀;喀斯特地区

中图分类号:S157.5

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)04-0019-06

森林枯落物是森林生态系统的重要组成部分。作为森林水文效应的第2个功能层,枯落物具有截留降雨、增加地表糙率系数、阻滞地表径流、削弱雨滴溅蚀、拦截泥沙等作用,在延缓地表径流和减少土壤侵蚀方面效果显著^[1-5]。

目前,林下枯落物层对径流和侵蚀影响的研究较多,但多集中于非喀斯特地区^[6-9]。中国南方喀斯特地区具有地形陡峻、基岩裸露率高、土岩结构面特殊、植被较少、雨量等特点^[10-11]。降雨充沛极易引发水土流失,使得该地区生态环境极为脆弱^[12]。在喀斯特地区,研究径流和土壤侵蚀的有关因素多集中在土壤类型、地形、降雨强度、林地植被类型等方面^[13-16],极少定量分析枯落物层对径流和土壤侵蚀的影响效应。

喀斯特地区枯落物层水文效应研究多针对枯落物持水特征^[17-18]。如刘玉国等分析了贵州喀斯特山地5种森林群落的枯落物储量及水文作用^[19]。王庆玲等分析了黔中地区几种喀斯特次生林枯落物持水性^[20]。吴鹏等研究了茂兰喀斯特森林主要演替群落枯落物的水文特性^[21]。虽然枯落物持水性与地表径流、土壤侵蚀有一定关系,但是其影响机制较为复杂,并不能替代枯落

物层对径流和侵蚀的影响效应研究。

本文通过室内人工模拟降雨试验,观测在不同降雨强度和枯落物质量条件下,地表径流和土壤侵蚀的响应特征,从而分析枯落物层对地表产流产沙的影响规律。研究结果能为喀斯特地区林下枯落物层水土保持提供参考,为石漠化地区植被恢复措施的制定提供一定依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

选择贵阳市花溪区作为研究区域,花溪区位于东经106°27'~106°52',北纬26°11'~26°34',地处黔中腹地,贵阳市南部。花溪区全区地貌以山地和丘陵为主,具有高原季风湿润气候的特点,雨量充沛,湿度较大。在喀斯特地区灰质白云岩、石灰岩、长石石英砂岩、白云岩四种典型成土母质,山地地形,高原季风湿润气候等成土因素的综合作用下,该区域的土壤类型主要有石灰土和黄壤。研究样区位于贵州省贵阳市花溪区的贵州师范大学地理与环境生态试验站(106°37'E, 26°23'N),平均海拔1200m。区内为高原季风湿润气

收稿日期:2017-11-22

基金项目:国家自然科学基金(41761003);贵州省科学技术基金(黔科合J字[2015]2118号);贵州省本科教学工程建设项目:地理与环境生态大学生创新训练中心(2016DC3);贵州师范大学博士科研启动金

作者简介:周秋文(1986-),男,广西桂林人,博士,副教授,主要从事喀斯特生态水文过程研究。E-mail:zouqiwen@163.com

候,无霜期长,雨量充沛。根据花溪气象站 1961~2015 年的观测资料,年平均气温为 15.3℃,年平均相对湿度为 77%,年均雨量 1 129.5mm,年平均阴天为 235.1d。试验站内植被类型为常绿针叶阔叶林,是喀斯特地区典型的植被类型。

1.2 试验小区布设

根据研究目的和研究内容,结合试验情况布设 3 组长 1m,宽 0.6m 的试验土槽(见图 1),调整试验土槽坡度并固定为 25°。从试验站林地内采集土壤作为试验用土。填土槽时,先在土槽底部铺设 5cm 厚度的石块。之后采用分层装土的方式,每次填土深度为 5cm,并适当压实。土槽填土深度为 25cm,在试验土槽下端装上集水瓶。将收集到的样地中马尾松树下的枯落物(松针)在自然条件下风干 2d,然后将半分解层和未分解层枯落物均匀铺设在土壤表层。

人工模拟降雨装置由控制器、水泵、雨量计和降雨控制器组成,降雨器高 4m,宽 3m,由两根直立管,三根横管中部和横管两侧各有喷头大、中、小共 18 个,调试降雨设备达到试验要求(见图 1)。



图 1 人工土槽装填(a)、枯落物覆盖(b)及模拟降雨实验(c)
Fig.1 Soil tank loading (a), litter covering (b)
and simulated rainfall experiment (c)

1.3 试验处理

在每次进行重复试验时,应调整土壤湿度和表层松散度相一致,以尽量减小实验误差。通过喷水将集水装置进行润湿,以消除水量残留误差。调整好土槽下端收集瓶的角度,确保水沙能够顺利地流下并被收集。人工降雨试验中,设置雨强分别为 40、90 和 140mm/h;枯落物质量分别为 0、0.3、0.5 和 0.7kg/m²。

试验开始时,预先进行 3min 的雨强率定,率定雨强时用塑料薄膜将土槽盖上,正式降雨历时 60min。降雨开始后开始计时,记录径流产生时间,降雨过程中每隔 10min 采径流样品,现场测量并记录径流量。最后将径流样品沉淀后过滤出泥沙,带回实验室烘干(80℃)并称重记录泥沙干重数据。

2 结果与分析

2.1 雨强对地表径流的影响

为分析雨强对地表径流的影响,将 0、0.3、0.5 和 0.7kg/m² 四种枯落物覆盖条件下的径流量求平均,得到不同雨强条件下的径流量和径流总量。当降雨强度为 40mm/h 时仅产生少量地表径流,径流总量为 657.5ml,入渗率较大;当降雨强度为 90mm/h 时,径流总量显著增加,达到 4 633.25ml。当降雨强度增加到 140 mm/h 时,径流总量进一步增加到 6 393.25ml,增幅相对较小。地表径流量随着降雨强度的增加而增加,两者间呈正相关关系。从图 2 可知,在实验期内随着降雨历时增加,不同雨强下的地表径流量均呈持续增加的趋势,但是增加的幅度有差异。

2.2 雨强对地表土壤侵蚀的影响

采用与径流量一致的处理方法,将 0、0.3、0.5 和 0.7kg/m² 四种枯落物覆盖条件下的泥沙量求平均,得到不同雨强条件下的泥沙量和泥沙总量。当降雨强度为 40mm/h 时,无土壤侵蚀;当降雨强度为 90mm/h 时,产生的泥沙总量为 2.37g;当降雨强度为 140mm/h 时,产生的泥沙总量为 33.7g。上述数据表明,在大雨强时,土壤侵蚀更加显著,泥沙总量的增幅更大。由图 2 可知,当降雨强度为 40mm/h 时,各降雨历时下均无泥沙产生。降雨强度为 90mm/h 时,泥沙量随着降雨历时增加而逐渐增加。降雨强度为 140mm/h 时,在降雨的前期,泥沙量随着降雨历时的增加而显著增加;但在降雨后期,泥沙量反而随着降雨历时增加而减少。可能的原因是,大雨强产生较大的地表径流,会对地表一些松散的土粒产生冲刷,当冲刷持续一段时间后,松散土粒被冲刷殆尽,降雨后期则泥沙减少。

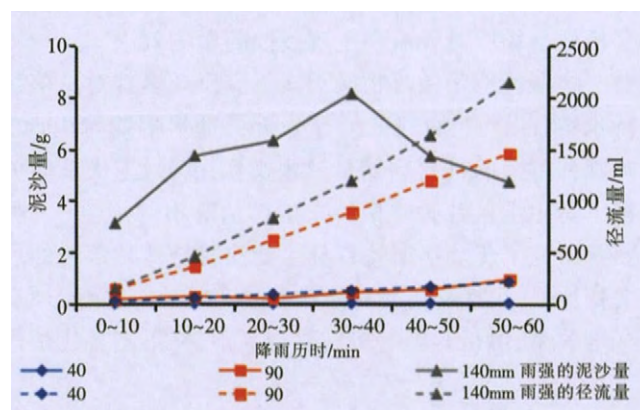


图 2 不同雨强下径流与侵蚀产沙变化过程
Fig.2 The general characteristics of the runoff
and sediment mass under different rainfall intensity

2.3 枯落物对地表径流的影响

由图 3 可知,裸地试验时,随着降雨强度的增加,产流时间逐渐提前。在枯落物覆盖质量一致时,随着降雨强度的增加,枯落物层对产流时间均有不同程度的延缓作用。其中 0.3kg/m² 枯落物覆盖延缓产流时间作用最为显著。在同一降雨强度下,随着枯落物质量的增加,延缓产流时间效果减弱。其主要原因是,当枯落物层相对较厚时,枯落物中的水无法及时下渗到土壤中,部分降水便在枯落物的导流作用下,在较短时间内集中汇聚形成径流流入集水槽中。故而在同一降雨强度下,枯落物质量较大的样地,延缓产流时间效果反而减弱。

从图 4 可知,降雨强度为 40mm/h 时,枯落物质量为 0 或者为 0.3kg/m² 的情况下,几乎无地表径流产生;枯落物质量为 0.5kg/m² 或 0.7kg/m² 的情况下,从降雨开始到结束约有 50~400ml 的径流产生。当降雨强度

为 90mm/h 时,随着枯落物质量的增加,地表径流量以 53%~74% 的增长率增长。但枯落物质量为 0 的情况下,径流量却显著高于其它三种枯落物质量的情况。当雨强为 140mm/h 时,枯落物质量为 0 或 0.7kg/m² 的情况下,径流量均显著高于其它两种枯落物质量的情形。

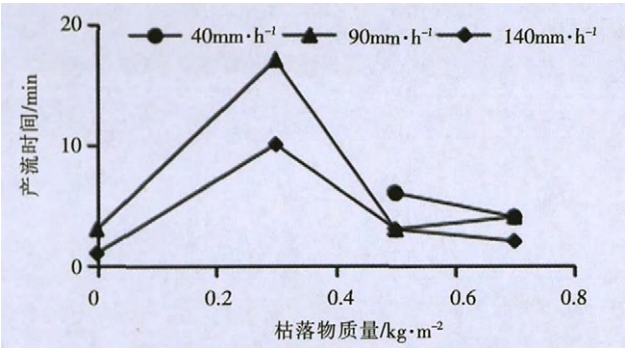


图 3 不同雨强和枯落物质量条件下产流时间的变化
Fig.3 The variations of the runoff yielding time under the different rainfall intensity and litter weight

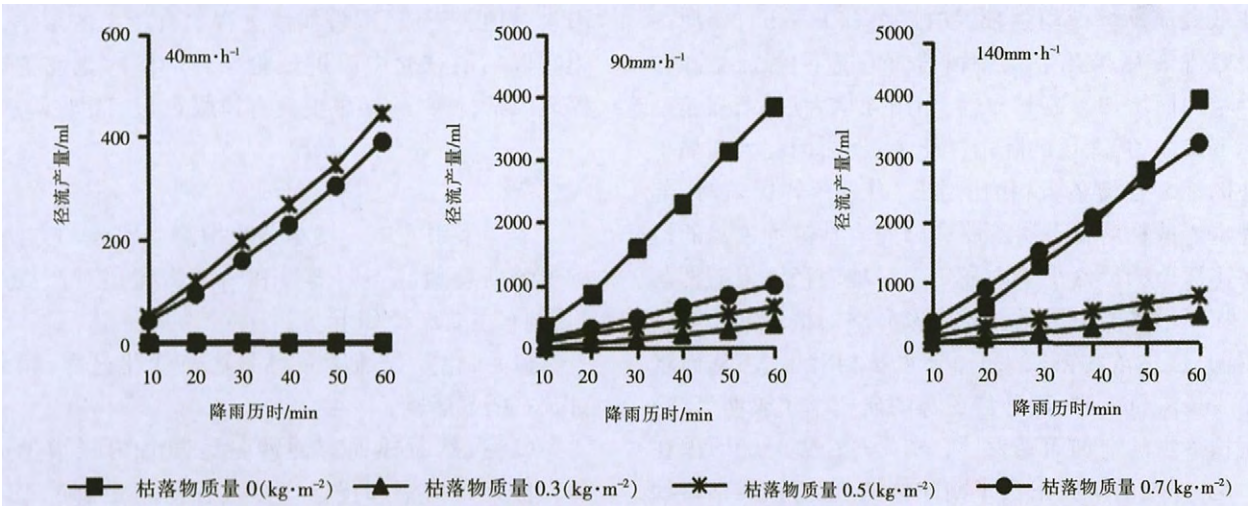


图 4 不同雨强和枯落物条件下地表径流的变化
Fig.4 The variations of the surface runoff under the different rainfall intensity and litter weight

2.4 枯落物对地表土壤侵蚀的影响

进行不同质量枯落物对地表土壤侵蚀的影响试验时,发现当降雨强度≤40mm/h 时,地表均未发生侵蚀。而从表 1 可以看出,当降雨强度为 90mm/h 时,地表发生侵蚀,且随着降雨强度的增加,地表泥沙流失量增加。

随着地表枯落物质量增加,降雨对土壤侵蚀的效果急剧降低。当雨强为 90mm/h 时,随着枯落物质量的增加,枯落物防止土壤侵蚀作用达到了 99%。当雨强为 140mm/h 时,随着枯落物质量的增加,枯落物防止

土壤侵蚀作用为 94%。由此可知枯落物层对防止土壤侵蚀作用效果显著。

3 讨论

3.1 枯落物质量及雨强对径流量影响的非线性关系

图 4 表明,在雨强较小时(40mm/h),裸地和 0.3kg/m² 枯落物覆盖下均无地表径流产生,而枯落物覆盖量较大(0.5、0.7kg/m²)时有径流产生。分析原因:当雨强较小时,绝大部分降水立即下渗,无地表径流产生;在枯落物覆盖量较大的情况下,由于枯落物蓄滞降水、削

表1 枯落物层对土壤侵蚀的影响
Table1 The effect of the litter layer on soil erosion

降雨强度 /mm.h ⁻¹	枯落物质量 /kg.m ⁻²	降雨历时/min						泥沙总量
		0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	
90	0	0	0.87	0.43	1.43	1.67	1.91	6.31
	0.3	0.61	0.21	0.29	0.26	0.45	1.8	3.17
	0.5	0	0	0	0	0	0	0
	0.7	0	0	0	0	0	0	0
140	0	12.15	22.35	24.7	31.59	21.47	14.68	126.94
	0.3	0.33	0.58	0.57	0.92	1.39	4.18	7.97
	0.5	0	0	0	0	0	0	0
	0.7	0	0	0	0	0	0	0

注:泥沙量单位为 g。

弱径流的作用主要产生在枯落物下层（半分解层）,表层未分解的枯落物仍保留着原有长条的形状（含有部分松针）,实际上对水流起到导流作用,水流顺着枯落物往低处流动。而雨强较大时(90、140mm/h),裸地的地表径流最大,在有枯落物覆盖的情况下,径流量随枯落物增加而增加。究其原因,当雨强增大后,雨强超过裸地下渗能力,大量的降雨转化为径流,因此大雨强下裸地的地表径流最大;相比之下,有枯落物覆盖时,部分降水要被枯落物下层蓄滞,因此有枯落物覆盖的情况要比裸地的径流小。雨强较大时地表径流量随枯落物增加而增加的原因是:表层未分解层枯落物的导水作用明显,枯落物量较大时,导水量相对也大,从而增加地表径流量。常玉、孙佳美等的研究表明,径流量随枯落物的增加而减少^[6,22]。产生这一差异的原因在于,常玉等人的研究采用了阔叶林枯落物,该类枯落物分解速率相对较快,且无针叶枯落物那样明显的导水作用,因此阔叶枯落物蓄水作用更明显,导致径流量随枯落物增加而减少。综上所述,枯落物质量及雨强对径流量的影响并非简单的线性关系。

3.2 枯落物层减沙效应与减流效应

通过模拟试验发现,土壤侵蚀量仅在无枯落物覆盖的情况下较大,而当雨强较大时,无论有无枯落物覆盖,地表径流均随时间增加。说明在其它条件较为一致的情况下,枯落物层防止土壤流失的效果显著优于减少地表径流的效果,这与张芝萍等人的研究是一致的^[23]。

3.3 试验中的不确定性

室外模拟人工降雨更能符合大自然天气的变化,

使试验过程更接近真实情况。本文探讨影响地表径流的因素主要为枯落物覆盖质量和降雨强度。但在产流过程中,下渗能力、径流流速、坡度和试验土槽长度等因素对地表产流、携带泥沙过程也有较大的影响。希望在以后的试验中改进试验条件的同时也完善试验探究因素,使试验结果更具有说服力与实用性。

4 结论

本文采用人工土槽结合模拟降雨实验的方法,分析了喀斯特地区不同雨强和枯落物覆盖对产流产沙的影响,主要结论如下:

- (1)无论是径流总量还是产流变化过程,雨强均对其有明显影响;
- (2)虽然总体而言泥沙量也随着雨强增加而增加,但是其增幅和侵蚀产沙过程却与径流过程不一致,侵蚀产沙过程存在明显波动;
- (3)随着降雨强度的增加,枯落物层对产流时间均有不同程度的延缓作用;
- (4)雨强与径流量之间不是简单的线性关系,大雨强时裸地径流量大于有枯落物覆盖的地面,小雨强时裸地径流量小于有枯落物覆盖的地面;
- (5)随着地表枯落物质量增加,使得降雨对土壤侵蚀的效果急剧降低,枯落物层对防止土壤侵蚀作用效果显著。

参考文献:

[1] Fan J., Oestergaard K. T., Guyot A., et al. Spatial variability of through fall and streamflow in an exotic pine plantation of subtropical coastal Australia [J]. Hydrological Processes, 2015,29(5): 793 – 804.

- [2] 张峰,彭祚登,安永兴,等. 北京西山主要造林树种林下枯落物的持水特性[J]. 林业科学, 2010,46(10):6-14. (ZHANG Feng, PENG Zuodeng, AN Yongxing, et al. Water-holding characteristics of the litter under main tree species plantations in Beijing Xishan mountainous areas[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2010,46(10):6-14. (in Chinese))
- [3] 李双喜,梁音,桂惠中,等. 马尾松纯林不同地表覆盖对产流产沙的影响研究[J]. 人民长江, 2016,47(9):22-24. (LI Shuangxi, LIANG Yin, GUI Huizhong, et al. Study on influence of different coverage of Pinus massoniana lamb on runoff and sediment yielding[J]. Yangtze River, 2016,47(9):22-24. (in Chinese))
- [4] 李学斌,马琳,杨新国,等. 荒漠草原典型植物群落枯落物生态水文功能[J]. 生态环境学报, 2011,20(5):834-838. (LI Xuebin, MA Lin, YANG Xinguo, et al. Ecohydrology function of representative plant community litter in desert steppe [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2011,20(5):834-838. (in Chinese))
- [5] 卢红建,李金涛,刘文杰. 西双版纳橡胶林枯落物的水文特性与截留特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011,35(4):67-73. (LU Hongjian, LI Jintao, LIU Wenjie. Study on water-holding capability and interception characteristics of litter layers under rubber plantations in Xishuangbanna, southwestern China [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science), 2011,35(4):67-73. (in Chinese))
- [6] 常玉,余新晓,陈丽华,等. 模拟降雨条件下林下枯落物层减流减沙效应[J]. 北京林业大学学报, 2014,36(3):69-74. (CHANG Yu, YU Xinxiao, CHEN Lihua, et al. Effects of undergrowth litter layer on runoff and sediment reduction under simulated rainfall conditions[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2014,36(3):69-74. (in Chinese))
- [7] 孙佳美,李翰之,赵阳,等. 构树林下枯落物对坡面流水动力学特性的影响[J]. 水土保持学报, 2015,29(3):102-105. (SUN Jiamei, LI Hanzhi, ZHAO Yang, et al. Impact of Broussonetia papyrifera forest litter on slope runoff hydrodynamic characteristics[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2015,29(3):102-105. (in Chinese))
- [8] 孙佳美,于新晓,梁鸿儒,等. 模拟降雨条件下不同覆被减流减沙效应与侵蚀影响因子[J]. 水土保持通报, 2015,(2):46-51. (SUN Jiamei, YU Xinxiao, LIANG Hongru, et al. Reduction benefits of different land cover on runoff-sediment and its erosion factors under simulated rainfall[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2015, (2):46-51. (in Chinese))
- [9] 何常清,于澎涛,管伟,等. 华北落叶松枯落物覆盖对地表径流的拦阻效应[J]. 林业科学研究, 2006,19(5):595-599. (HE Changqing, YU Pengtao, GUAN Wei, et al. The effect of ground covering by litter of larch principis-rupprechtii to reducing velocity of surface runoff [J]. Forest Research, 2006,19(5):595-599. (in Chinese))
- [10] Jiang Z, Lian Y, Qin X. Rocky desertification in Southwest China: impacts, causes, and restoration [J]. Earth-Science Reviews, 2014, 132:1-12.
- [11] Tong X, Wang K, Yue Y, et al. Quantifying the effectiveness of ecological restoration projects on long-term vegetation dynamics in the karst regions of southwest China[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2017,54:105-113.
- [12] 周秋文,罗雅雪,张思琪,等. 喀斯特地区土壤可蚀性因子空间估算研究进展 [J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2017,(6):16-21. (ZHOU Qiuwen, LUO Yaxue, ZHANG Siqi, et al. Progresses in research on the spatial estimation of soil erodibility factors in Karst area [J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2017,(6):16-21. (in Chinese))
- [13] 李玲,周运超,尹先平. 不同降雨模式下石灰土坡地的地表侵蚀特征[J]. 中国水土保持科学, 2013,11(6):1-6. (LI Ling, ZHOU Yunchao, YIN Xianping. Limestone soil transferring processes under different rainfall patterns [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2013,11(6):1-6. (in Chinese))
- [14] 张喜,连宾,尹浩,等. 喀斯特洼地不同森林类型的坡面径流和土壤流失动态[J]. 安徽农业科学, 2010,38(7):3843-3847. (ZHANG Xi, LIAN Bin, YIN Hao, et al. Dynamics of slope runoff and soil erosion of different forest types in Karst depression [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2010,38(7):3843-3847. (in Chinese))
- [15] 蒋荣,张兴奇,纪启芳,等. 坡度和雨强对喀斯特坡面产流产沙的影响[J]. 环境保护科学, 2012,38(5):13-17. (JIANG Rong, ZHANG Xingqi, JI Qifang, et al. Effects of slope gradient and rainfall intensity on runoff and sediment generation of slope land in Karst area[J]. Environment Protection Science, 2012,38(5):13-17. (in Chinese))
- [16] 蒋荣,张兴奇,张科利,等. 喀斯特地区不同林地植被的减流减沙作用[J]. 水土保持通报, 2013,33(1):18-22. (JIANG Rong, ZHANG Xingqi, ZHANG Keli, et al. Runoff and sediments reduction effects under different forest and grass vegetation in a Karst area [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013,33(1):18-22. (in Chinese))
- [17] 胡向红,俞筱桢. 喀斯特森林恢复演替过程中枯落物和土壤水文特征研究[J]. 广东农业科学, 2014,41(23):150-154. (HU Xianghong, YU Xiaoya. Hydrological characteristics of litters and soil in restoration and succession of Karst forest [J]. Guangdong Agriculture Sciences, 2014,41(23):150-154. (in Chinese))
- [18] 丁访军,潘忠松,周凤娇,等. 黔中喀斯特地区3种林型土壤有机碳含量及垂直分布特征[J]. 水土保持学报, 2012,26(1):161-164. (DING Fangjun, PAN Zhongsong, ZHOU Fengjiao, et al. Organic carbon contents and vertical distribution characteristics of the soil in three forest types of the Karst regions in central Guizhou province [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2012,26(1): 161-164. (in Chinese))
- [19] 刘玉国,刘长成,李国庆,等. 贵州喀斯特山地5种森林群落的枯落物储量及水文作用[J]. 林业科学, 2011,47(3):82-88. (LIU Yuguo, LIU Changcheng, LI Guoqing, et al. Litter mass of five Karst forests and their hydrological effects in Guizhou[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011,47(3):82-88. (in Chinese))
- [20] 王庆玲,龙翠玲. 黔中地区几种喀斯特次生林枯落物持水性能研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009,31(8):98-102. (WANG Qinglin,

- LONG Cuilin. A study on water-holding capacity of litter layer of different Karst vegetations in the central region of Guizhou province [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science)*, 2009,31(8):98–102. (in Chinese))
- [21] 吴鹏,崔迎春,丁访军,等. 茂兰喀斯特森林主要演替群落枯落物的水文特性[J]. *林业科技开发*, 2012,26(5):62–66. (WU Peng, CUI Yingchun, DING Fangjun, et al. Study on hydrological characteristics of litter in major successional communities in the Maolan nature reserve of Karst areas [J]. *Forestry Science and Technology Development*, 2012,26(5):62–66. (in Chinese))
- [22] 孙佳美,余新晓,李瀚之,等. 模拟降雨下枯落物调控坡面产流产沙过程及特征研究[J]. *水利学报*, 2017,48(3):341–350. (SUN Jiamei, SHE Xinxiao, LI Hanzhi, et al. Runoff and sediment yield process and characteristics research on litter slopes in simulated rainfall[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2017,48(3):341–350. (in Chinese))
- [23] 张芝萍,杨均科,胡海波. 人工降雨条件下毛竹林地表枯落物固土防蚀效应[J]. *林业科技开发*, 2012,26(2):68–71. (ZHANG Zhiping, YANG Junke, HU Haibo. Soil erosion resistant and water resorting of bamboo forest litters under simulation rainfall conditions[J]. *China Forestry Science and Technology*, 2012,26(2):68–71. (in Chinese))

Influence of Litter Coverage on Surface Runoff and Soil Erosion in Karst Area

ZHOU Qiuwen, LI Xuan, GUO Xingfang

(School of Geography and Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: The influence of litter coverage on surface runoff and soil erosion are significant, but the characteristics of this in the Karst area are not yet clear. By doing indoor artificial simulated rainfall experiment with taking quality of litter layer and rain intensity as its influencing factors, the influence of litter layer on surface runoff and soil erosion in Karst area were studied. The results show that: (1) In the case of no litter coverage, there are no surface runoff. When rain intensity is 40 mm/h and there are surface runoff with other higher rain intensity; And, with the increase of rain intensity, the initial runoff time advance and surface runoff and sand producing both increased. (2) In the case of there are litter coverage, the initial runoff time delay. When rain intensity is 40 mm/h, litter coverage influence initial surface runoff significantly, but the influence become less obvious when rain intensity become higher. (3) The effect that litter cover reduce soil erosion is significant. When rain intensity is 90 mm/h, the efficiency of litter protecting sand is about 99%, and which is 94% when rain intensity is 140 mm/h. These results suggest that litter coverage in Karst area plays an important role in delaying surface runoff and reducing soil erosion.

Key words: litter; surface runoff; soil erosion; Karst area

(上接第 5 页)

Influence of Rainfall Erosivity on Soil Loss in Slope Dump of Opencast Colliery

WU Liping¹, ZHENG Haifeng², WU Guoxi¹, ZHANG Tieyi², WANG Tiejun¹, DONG Hong²

(1. *Water Conservancy Science Research Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010050, China;*

2. *Shenhua Group Zhungeer Energy CO., LTD, Erdos 010300, China)*

Abstract: Rainfall erosivity, which stands for potential ability of soil erosion inducing by rainfall, is one of the major indicators in the water and soil conservation study. For best understanding the effects of the different artificial vegetation restoration methods on the side slope of mine dump, this paper analyzed the relation between slope erosion and rainfall erosivity. The results show that the erosivity was significantly influenced by trees with shrub and grass and the shrub with grass, and slope runoff depth were 42.9% and 52.6% of the contrast plots respectively. Three collocations had significantly decreased the effect and the amount was 2.3%–6.7% of that in the contrast plot. There was a positive correlation between the erosivity and the runoff and the amount, and the runoff response to the erosivity changing was more quickly than the amount.

Key words: rainfall erosivity; runoff depth; soil erosion amount; dump of opencast colliery; semi-arid area