

不同植被下降雨类型对红壤坡地土壤侵蚀特征的影响

王小博¹, 朱永清², 吴宜进¹, 刘晴日¹, 葛咏³, 吴曼⁴

(1. 华中师范大学 地理过程分析与模拟湖北省重点实验室, 武汉 430079; 2. 长江水利委员会水土保持监测中心站, 武汉 430010; 3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4. 蔡甸区水土保持站, 武汉 430100)

摘要:根据武汉市蔡甸区西湖流域径流小区记录的 146 场次降雨资料,研究了植被类型和降雨类型对红壤坡面产流量与土壤侵蚀量的影响。基于 K 均值分类,将当地降雨划分为 A 型降雨(中雨量、弱雨强、长历时和高频次)、B 型降雨(极大雨量、极强雨强、短历时和低频次)、C 型降雨(大雨量,强雨强,中等历时和低频次)和 D 型降雨(小雨量,弱雨强、短历时和高频次)四种雨型。发现裸地与果林地的产流输沙量大,水沙关系稳定,水土保持能力在各类侵蚀性降雨下均较弱,A 雨型和 C 雨型是导致此类坡面土壤侵蚀的主要雨型。阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地坡面的产流输沙量小,水沙关系不稳定,植被的水土保持能力总体较强,但是在 B 雨型下偏弱,B 雨型和 C 雨型是导致此类坡面土壤侵蚀的主要雨型。

关键词:水土流失; 红壤坡面; 径流小区; 降雨类型; 植被类型

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)02-0006-06

Effects of Rainfall Regimes on Soil Erosion on Red Soil Slopes Under Different Vegetation Types

WANG Xiaobo¹, ZHU Yongqing², WU Yijin¹, LIU Qingri¹, GE Yong³, WU Man⁴

(1. Key Laboratory for Geographical Process Analysis & Simulation, Hubei Province, CCNU,

Wuhan 430079, China; 2. Soil and Water Conservation Monitoring Center, Changjiang Water

Resources Commission, Wuhan 430010, China; 3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources

Research, CAS, Beijing 100101, China; 4. Caidian Station of Soil and Water Conservation, Wuhan 430100, China)

Abstract: In order to understand the relationship between rainfall regimes, vegetation types and red soil erosion processes, collected measurements of 146 rainfall events in runoff plots on red soil slopes with different vegetation types in Xi Lake watershed, Caidian, Wuhan were analyzed. Based on K-means clustering, 146 rainfall events were classified into four rainfall regimes: regime A (medium amount, low intensity, long duration and high frequency of rainfall), regime B (extremely high amounts, extremely high intensity, short duration and low frequency of rainfall), regime C (high amounts, high intensity, medium duration and low frequency of rainfall) and regime D (low amounts, low intensity, short duration and high frequency of rainfall). Processes of soil erosion on the bare slope and the fruit-bearing forest slope had a large amount of runoff generation and sediment yield, a stable runoff-sediment relationship and weak capacity for water and soil conservation. More attention should be paid to rainfall regimes A and C in this type process. Processes of soil erosion on the broadleaved forest slope, coniferous forest slope, herbage slope and lawn slope had a small amount of runoff generation and soil erosion, an unstable runoff-sediment relationship and strong capacity for water and soil conservation under erosive rainfall except rainfall regimes B. More attention should be paid to rainfall regimes B and C in this type process.

Keywords: red soil slope; runoff plot; soil and water loss; rainfall regimes; vegetation type

南方红壤丘陵区是我国水土流失最为严重的区域之一,降雨是引起该区域土壤侵蚀的主要自然因素。大量研究表明,降雨总量、雨强、历时等降雨特征和降雨前土壤初始含水量的差异等都会显著影响坡面的土壤侵蚀模数^[1-4]。前人通过模拟降雨过程的方法分析了降雨特征对土壤侵蚀的影响^[5-8],但人工模拟的降雨无法完全再现自然降雨的条件,其研究成果不能很好地运用到实际之中^[9-11]。因此,很多学者以实测的天然降雨数据为基础,通过把天然降雨划分为若干雨型,较为深入地揭示了自然条件下降雨特征与土壤侵蚀的关系。比如 Fang 等^[12]和 Wei 等^[13]利用 K 均值分类法把黄土高原的次降雨事件分为三类,并指出高强度、短历时的降雨是造成当地土壤侵蚀的主要雨型;晏清洪等^[14]则将黄土区降雨类型分为四类;Peng 等^[15]将西南岩溶区的次降雨事件分为五类,并指出大雨量、高强度、中历时的降雨是造成当地土壤侵蚀的主要雨型;Huang 等^[16]则在南方红壤区进行了相关研究,将次降雨事件分成四类,秦伟等^[17]综合快速聚类法与判别聚类法将南方红壤区的次降雨事件分为三类,认为小雨量、高强度、短历时的降雨类型对当地红壤侵蚀的影响最大。

目前,学者在筛选天然降雨的雨型划分标准时,多以裸坡土壤侵蚀特征的差异为依据,而对于有植被覆盖的坡面,降雨和植被对土壤侵蚀的共同作用仍需进一步讨论。适用于裸坡侵蚀的雨型划分标准是否也同样适用于有植被覆盖的坡面?不同植被覆盖类型下降雨特征对土壤侵蚀的影响是否存在明显的差异?解决以上问题,不仅能够更为深入地理解不同植被的减蚀机制,也能为红壤区生态环境治理、植被类型的选择及其有效性提供借鉴。

因此,本文在统计分析武汉市西湖流域鸽翅岭径流小区于 2013—2015 年间记录的 146 场次降雨事件的基础上,重点探讨降雨特征与植被覆盖类型对坡面产流输沙特征的影响,为次降雨事件划分类型,以期更为全面地揭示坡面植被类型对降雨、产流和土壤侵蚀之间关系的影响,为保护红壤土地资源提供理论基础。

1 试验材料与方法

1.1 研究区概况

西湖流域鸽翅岭径流小区布设于湖北省武汉市蔡甸区西湖流域水土保持科技示范园内(30°32′21.50″N, 113°57′52.06″E),地处南方红壤丘陵区的北端。武汉市蔡甸区属于亚热带季风气候区,降水充沛,多年平均降水量为 1 270 mm。降水量年内变化大,主要集中于 4—9 月的丰水期。年均气温 15.8~17.5℃。

地貌是以垄岗为主体的丘陵性湖沼平原,海拔为 19~263 m。境内分布有 6 个土类,12 个亚类,主要包括红壤、黄棕壤、草甸土、潮土和水稻土等。土壤侵蚀以水力侵蚀为主,境内 318 国道沿线地区是武汉市水土流失重点治理区。

1.2 数据来源与径流小区概况

本研究使用的基础数据来源于蔡甸区西湖流域水土保持科技示范园于 2013 年 1 月—2015 年 12 月记录的次降雨数据和径流小区产流输沙数据。鸽翅岭径流小区的基本情况见表 1。径流小区长为 10 m,宽为 5 m,坡度为 15°。径流小区内填充的土壤为第四纪红色黏土发育而成的红壤,各坡面土壤机械组成与有机质含量的变异系数均在 0.2 以内。径流小区内设有果林(柑橘 *Citrus reticulata* Blanco)、阔叶林(红叶石楠 *Photinia fraseri*)、针叶林(黑松 *Pinus thunbergii* Parl.)、牧草(黑麦草 *Lolium perenne* Linn.)、草坪(狗牙根 *Cynodon dactylon* Linn. Pers.)五种植被类型覆盖的坡面和作为对照的裸坡。其中柑橘种植的株行距为 2 m×3 m,红叶石楠种植的株行距为 0.6 m×0.4 m,黑松种植的株行距为 0.3 m×0.4 m,三类乔木的树龄均为 9 a。根据径流小区观测数据,牧草地、草坪地的植被盖度和阔叶林、针叶林的林分郁闭度一年四季均为 100%,果林的林分郁闭度每年 12 月—次年 4 月为 65%,5 月—11 月为 85%,裸地则为 0%。除果林外,径流小区的灌草盖度和林分郁闭度的季节变化均不明显。裸地与果林地每月定期去除杂草、杂树苗,土壤扰动深度为 15—25 cm。

五种植被类型的径流小区和裸坡四周均采用混凝土砖块修筑围埂,顺坡下部设置矩形集水槽,通过聚氯乙烯塑胶管与集流桶相连,以此收集并记录每次降雨事件后的产流量与输沙量。径流小区旁设有自计式雨量计,测定每次降雨的历时和雨量。

1.3 研究方法

为了对降雨类型做出合理的划分,需要对径流小区的降雨、产流和土壤侵蚀的关系进行分析。本文选取次降雨量(P)、雨前连续未降雨天数(N)、降雨历时(D)、平均雨强(I)和六种植被类型坡面的产流量(Q_x)和土壤侵蚀量(M_x),通过 SPSS 22 进行指标间的 Pearson 相关性分析,筛选出降雨特征中与各坡面产流输沙显著相关的指标,利用 K 均值分类法对次降雨事件进行分类,并且分类结果在方差分析上具有显著性差异($p < 0.05$)可认为分类合理^[13]。再统计不同降雨类型下径流小区的坡面产流量和土壤侵蚀量,分析不同雨型对坡面产流输沙的影响,以及坡面植被在各类降雨下水土保持能力的差异。

表 1 蔡甸区西湖流域径流小区基本情况

编号	植被类型	植物名	植被盖度/林分郁闭度/%	坡长/m	坡宽/m	坡度/(°)	土壤有机质含量/(g·kg ⁻¹)	土壤质地(美国制)		
								砂粒/%	粉粒/%	黏粒/%
1	果林	柑橘	65~85	10	5	15	15.43	12.61	50.83	36.56
2	阔叶林	红叶石楠	100	10	5	15	13.79	20.12	48.05	31.83
3	针叶林	黑松	100	10	5	15	12.33	19.06	47.86	33.08
4	牧草	黑麦草	100	10	5	15	12.53	14.09	51.19	34.72
5	草坪	狗牙根	100	10	5	15	19.46	13.16	49.76	37.09
6	裸地	无植被	0	10	5	15	16.32	15.86	50.09	34.05

2 结果与分析

2.1 不同植被覆盖坡面的降雨、产流和土壤侵蚀关系

通过对西湖流域鸽翅岭各径流小区 2013—2015 年 146 次降水事件记录的统计分析,构建了不同植被覆盖下降雨特征、坡面产流量与坡面土壤侵蚀量的 Pearson 相关矩阵(见表 2)。

从表 2 可以看出,在降雨特征的指标中,降水量(P)、平均雨强(I)和六种坡面的产流量、土壤侵蚀量在 $p<0.01$ 的水平上均呈显著正相关,降雨历时(D)与裸地、果林地在 $p<0.01$ 的水平上具有显著相关性,与其他类型坡地的产流输沙量不具有显著相关性,而雨前连续未降雨天数则与各类坡面的产流量、土壤侵蚀量均不显著相关。同在 $p<0.01$ 的显著性水平下,就降水量与各类坡地产流量的相关系数而言,果林地>裸地>草坪地>针叶林>阔叶林>牧草地;就降水量与各类坡地土壤侵蚀量的相关系数而言,果林地>裸地>牧草地>阔叶林>草坪地>针叶林;就平均雨强与各类坡地产流量的相关系数而言,果林地>裸地>草坪地>针叶林>牧草地>阔叶林;就平均雨强与各类坡地土壤侵蚀量的相关系数而言,果林地>裸地>牧草地>草坪地>阔叶林>针叶林。由此可以看出,果林地与降雨特征 P, I, D 的相关性最强,裸地次之,牧草地、草坪地、阔叶林和针叶林与降雨特征的相关性明显弱于果林与裸地。

在水沙关系上,植被覆盖度较低的裸地与果林地的产流量与土壤侵蚀量的 Pearson 相关系数最大,分别是 0.974,0.971($p<0.01$),表明这两类坡地具有较为稳定的水沙关系,而植被覆盖度较高的阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地的水沙相关系数均小于 0.400,说明这四类坡地在次降雨事件中的水沙运移不如裸地和果林地稳定。

2.2 降雨类型划分

根据鸽翅岭径流小区不同植被覆盖坡面的降雨、径流和土壤侵蚀关系的分析,选取次降雨量(P)、平均雨强(I)和降水历时(D)这三个指标作为降雨特征值,将 146 次降水通过 K 均值聚类分为 4 类(表 3),分别记为 A 型降雨、B 型降雨、C 型降雨和 D 型降雨。四类

降雨的特征指标中次降雨量与雨强的差异显著性 p 小于 0.001,降雨历时的差异显著性 p 小于 0.01,均满足分类要求。在 146 次降雨中,A 型降雨的发生频次占总场次的 23%,累计降雨量最大,达 1 905 mm;B 型降雨的发生频次占总场次的 2.8%,累计降雨量 362.2 mm;C 型降雨的发生频次占总场次的 6.8%,累计降雨量 653.5 mm;D 型降雨的发生频次最高,占总场次的 67.12%,累计降雨量 1 224.8 mm。

根据四种类型的降雨特征值的聚类中心,就次降雨量而言,B>C>A>D;就平均雨强而言,同样是 B>C>A>D。说明四种降雨类型的特征值中雨量和雨强的大小具有一致性,即雨强越大的降雨其降水量往往也越大,这与 Huang 等^[15]对中国南方红壤区降雨类型的研究结果相一致。但是就降雨历时而言,A>C>B>D,其中 B 和 D 的降雨历时较为接近。因此,可以认为 A 型降雨主要由中等降雨量、弱雨强和长降雨历时的高频次降雨事件组成;B 型降雨主要由极大降雨量、极强雨强和短降雨历时的低频次降雨事件组成;C 型降雨主要由大降雨量,较强雨强和中等降雨历时的低频次降雨事件组成;D 型降雨主要由小降雨量,弱雨强和短降雨历时的高频次降雨事件组成。A,B,C 类型的降雨事件多发生于每年的 4—9 月,其中 B 类型的降雨事件为大暴雨事件;D 型降雨事件主要发生于 1—3 月及 10—12 月,以非侵蚀性降雨为主。

2.3 不同植被和降雨类型下坡面的产流输沙特征

四种雨型在 2013—2015 年引起六类坡面产流与土壤流失的总量特征和均量特征分别见图 1—4 所示,可以发现不同植被类型的坡面其产流与土壤侵蚀特征具有明显差异。

在 2013—2015 年的 146 次降雨中,裸地的产流总量为 35.64 m³,土壤侵蚀总量为 1 005.02 kg,均比有植被覆盖的坡面大。果林地次之,其产流量为裸地的 77.3%,土壤侵蚀量为裸地的 57.8%。阔叶林、针叶林、牧草地、草坪的产流量与土壤侵蚀量明显低于裸地与果林地,产流量分别为裸地的 22.2%,16.9%,18.56%,24.8%,土壤侵蚀量分别为裸地的 2.4%,1.8%,1.8%,2.0%。以上结果表明阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地的水土保持效

果显著,且在植被盖度同为 100%的情况下,阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地的水土保持效果差异较小,而植被盖度为 65%~85%的果林地,其水土保持效果则不如前者。

表 2 不同植被覆盖下降雨特征、坡面产流量与土壤侵蚀量的 Pearson 相关系数矩阵

参数	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>D</i>	<i>I</i>	<i>Q</i> _{裸地}	<i>M</i> _{裸地}	<i>Q</i> _{果林}	<i>M</i> _{果林}	<i>Q</i> _{草坪}	<i>M</i> _{草坪}	<i>Q</i> _{针叶}	<i>M</i> _{针叶}	<i>Q</i> _{阔叶}	<i>M</i> _{阔叶}	<i>Q</i> _{牧草}	<i>M</i> _{牧草}
<i>N</i>	1	0.012	-0.078	0.044	-0.025	-0.016	-0.022	-0.013	-0.037	0.035	-0.036	0.044	-0.039	0.047	-0.035	0.036
<i>P</i>		1	0.326**	0.836**	0.856**	0.865**	0.881**	0.908**	0.425**	0.748**	0.421**	0.640**	0.411**	0.764**	0.404**	0.795**
<i>D</i>			1	-0.063	0.259**	0.220**	0.266**	0.230**	0.134	0.129	0.148	0.157	0.182	0.162	0.141	0.127
<i>I</i>				1	0.702**	0.722**	0.730**	0.773**	0.371**	0.600**	0.351**	0.465**	0.282**	0.569**	0.329**	0.654**
<i>Q</i> _{裸地}					1	0.974**	0.983**	0.968**	0.558**	0.828**	0.556**	0.817**	0.539**	0.832**	0.542**	0.835**
<i>M</i> _{裸地}						1	0.940**	0.978**	0.386**	0.858**	0.387**	0.828**	0.379**	0.865**	0.380**	0.869**
<i>Q</i> _{果林}							1	0.971**	0.653**	0.783**	0.653**	0.742**	0.632**	0.801**	0.640**	0.815**
<i>M</i> _{果林}								1	0.483**	0.820**	0.484**	0.753**	0.471**	0.843**	0.477**	0.859**
<i>Q</i> _{草坪}									1	0.244**	0.996**	0.232**	0.938**	0.275**	0.970**	0.296**
<i>M</i> _{草坪}										1	0.244**	0.945**	0.236**	0.963**	0.242**	0.982**
<i>Q</i> _{针叶}											1	0.232**	0.959**	0.284**	0.984**	0.301**
<i>M</i> _{针叶}												1	0.224**	0.917**	0.233**	0.895**
<i>Q</i> _{阔叶}													1	0.311**	0.975**	0.298**
<i>M</i> _{阔叶}														1	0.295**	0.977**
<i>Q</i> _{牧草}															1	0.307**
<i>M</i> _{牧草}																1

注: ** 表示在 $p<0.01$ 水平上达到极显著相关关系。

表 3 降雨类型特征指标

降雨类型	特征值	平均值	变异系数	累计降雨量/mm	发生频次
A	<i>P</i> /mm	62.4	0.27	1905.0	34
	<i>I</i> /(mm·h ⁻¹)	1.1	0.50		
	<i>D</i> /h	55.0	0.48		
B	<i>P</i> /mm	181.1	0.55	362.2	4
	<i>I</i> /(mm·h ⁻¹)	5.2	0.47		
	<i>D</i> /h	36.0	0.10		
C	<i>P</i> /mm	108.6	0.17	653.5	10
	<i>I</i> /(mm·h ⁻¹)	2.26	0.27		
	<i>D</i> /h	48.0	0.28		
D	<i>P</i> /mm	11.6	1.18	1224.8	98
	<i>I</i> /(mm·h ⁻¹)	0.3	1.77		
	<i>D</i> /h	39.0	1.13		

对于裸坡与果林地而言,降雨引起的坡面径流总量与土壤侵蚀总量均呈现出 A 型降雨>C 型降雨>B 型降雨>D 型降雨的特征,其中 A 雨型和 C 雨型引起的土壤侵蚀量占总量的 78.7%~82.4%;次降雨事件产生的平均径流量与平均侵蚀量则呈现出 B 型降雨>C 型降雨>A 型降雨>D 型降雨的特征。可见 A 型降雨和 C 型降雨是导致裸坡、果林地产流输沙的主要雨型。

对于阔叶林、针叶林、牧草地、草坪地而言,降雨引起的径流总量呈现出 C 型降雨>A 型降雨>D 型降雨>B 型降雨的规律,单次降雨事件引起的平均径流量则呈现出 C 型降雨远大于其他类型降雨的特征;土壤

侵蚀总量呈现出 B 型降雨≈C 型降雨>A 型降雨>D 型降雨的规律,其中 B 雨型和 C 雨型引起的土壤侵蚀量占 74.6%~78.6%;单次降雨事件引起的土壤侵蚀平均量则呈现出 B 型降雨远大于其他类型降雨的特征。可见 B 型降雨和 C 型降雨是导致阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地产流输沙的主要雨型。

裸地与果林地在 B 型降雨和 C 型降雨下的径流含沙量较为接近,裸地在 B 型降雨下的径流含沙量为 C 型降雨下的 1.06 倍,果林地在 B 型降雨下的径流含沙量仅为 C 型降雨下的 1.05 倍;而阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地在 B 型降雨下的平均径流含沙量约为 C 型降雨下的 19 倍。可以看出,B 型降雨下,阔叶林、针叶林、牧草地、草坪地的产流量虽低,引发的土壤侵蚀却较为严重;C 型降雨下,阔叶林、针叶林、牧草地、草坪地的产流量较高,但是土壤侵蚀量却偏低。反映出 B 型降雨对阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地的侵蚀力高于 C 型降雨。

3 讨论

通过西湖流域径流小区的实测数据可以发现,不同类型的自然降雨下径流小区的植被呈现出不同的水土保持能力。果林地的水土保持效果在各类侵蚀性降雨下均不理想;阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地的水土保持效果总体较强,但是在大雨量、强降雨和短历时的降雨类型下水土保持效果偏弱。在四种雨

型中,A雨型为中等雨量、弱雨强和长历时降雨,实测数据表明此类降雨的侵蚀力较弱。虽然单次A型降雨事件仅能引起裸地和果林地的少量土壤侵蚀,但其发生频次高,成为诱发裸坡和果林地土壤侵蚀量最多的雨型,而阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地能够有效抵御此雨型的侵蚀。B雨型为极大降雨量、极强雨强和短历时降雨。虽然B雨型的发生频次低,但其降雨侵蚀力在四类降雨中最高,仅4次B型降雨事件就导致裸坡和果林地出现186.94 kg和91.21 kg的土壤侵蚀量,分别占土壤侵蚀总量的18.6%和15.7%。而阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地在此雨型下的水土保持效果不如在A雨型下理想,所以B雨型是诱发阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地土壤侵蚀量最多的雨型。C雨型为大雨量,较强雨强和中等历时降雨。其降雨侵蚀力和发生频次介于A雨型和B雨型之间,引起的土壤侵蚀量也介于A雨型和B雨型。D雨型以非侵蚀性降雨为主,有植被覆盖的径流小区基本不发生土壤侵蚀。

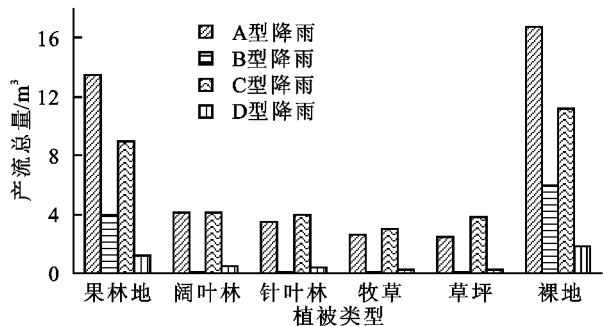


图1 2013—2015年不同植被类型下坡面产流总量

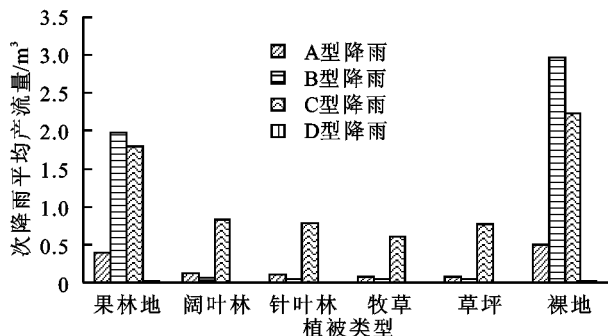


图2 不同植被类型下坡面单次降雨事件平均产流量

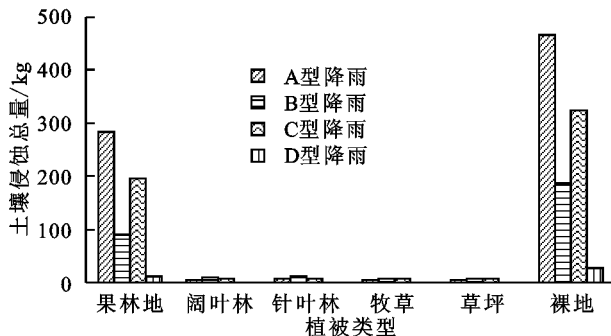


图3 2013—2015年不同植被类型下土壤侵蚀总量

本研究中,根据红壤坡面产流输沙特征的差异,可将径流小区分为两类:

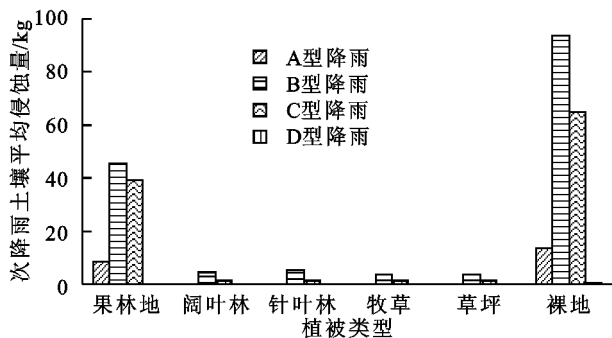


图4 不同植被类型下坡面单次降雨事件土壤侵蚀平均量

一类径流小区包括产流输沙量大、各雨型下水沙关系稳定的裸地与果林地。果林地中柑橘的种植密度小,林分郁闭度低,地下根系不发达,土壤的水稳性与入渗能力差,易形成土壤侵蚀^[17]。相比于其他土地利用类型的径流小区,裸地与果林地需要定期去除杂草、杂树苗,深度为0—25 cm的表层土壤频繁受到扰动。陈利顶等^[18]指出,人工干扰较为明显的坡面植被组合具有相对较高的土壤侵蚀模数。故而该类坡面的产流输沙量较大,植被的水土保持效果较差。

另一类径流小区包括产流输沙量小,各雨型下水沙关系不稳定的阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地。该类坡面植株的种植密度大,草地与草坪的植被盖度高,阔叶林与针叶林的林分郁闭度高,能够有效阻拦雨滴的溅击,同时分散或消除上方袭来的股流,避免径流冲蚀,故而该类坡面的产流输沙量小,植被的水土保持效果好^[19]。虽然有研究表明,植被过高时其冠层汇集的雨滴能量更大,对地表的击溅更强,但在本试验中红叶石楠与黑松的株高都小于6 m,且覆盖在径流小区表面的枯枝落叶层能够保护土壤免受或减轻雨滴的直接打击,所以本研究中阔叶林和针叶林在各雨型下的产流量和土壤侵蚀量与草地、草坪地无显著差异^[20]。

4 结论

(1) 雨量、雨强是影响红壤坡面产流输沙的主要降雨特征,降雨历时对裸坡、果林地产流输沙的影响较大,对阔叶林、针叶林、牧草地、草坪地的影响较小。

(2) 蔡甸区西湖流域的降雨类型可分为四类:A雨型呈现出中雨量、弱雨强、长历时和高频次的特点;B雨型呈现出极大雨量、极强雨强、短历时和低频次的特点;C雨型呈现大雨量,较强雨强、中等历时和低频次的特点;D雨型则呈现出小雨量,弱雨强、短历时和高频次的特点。

(3) 根据降雨类型和植被类型对红壤坡面土壤

侵蚀的作用差异,可以将西湖流域径流小区的红壤坡面分为两类:一类包括裸地与果林地,此类坡面在次降雨事件中产流输沙量大,水沙关系稳定,植被的水土保持效果较差。就引起的土壤侵蚀量而言,A雨型>C雨型>B雨型>D雨型,其中A雨型和C雨型引起的土壤侵蚀量占78.7%~82.4%,是导致第一类坡面土壤侵蚀的主要雨型。另一类包括阔叶林、针叶林、牧草地和草坪地,此类坡面在次降雨事件中产流输沙量小,水沙关系不稳定,植被的水土保持效果总体较好,但在B雨型下偏弱。就土壤侵蚀量而言,B雨型>C雨型>A雨型>D雨型,其中B雨型和C雨型引起的土壤侵蚀量占74.6%~78.6%,是导致第二类坡面土壤侵蚀的主要雨型。

参考文献:

- [1] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning [M]. Washington D C: US Department of Agriculture, 1978.
- [2] Lal R. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria: III. Effects of rainfall characteristics[J]. Geoderma, 1976, 16(5):389-401.
- [3] Ran Q, Su D, Li P, et al. Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion[J]. Journal of Hydrology, 2012, 424: 99-111.
- [4] 吕甚悟,李君莲. 降雨及土壤湿度对水土流失的影响[J]. 土壤学报, 1992, 29(1): 94-103.
- [5] 孙佳美,余新晓,樊登星,等. 模拟降雨下植被盖度对坡面流水动力学特性的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(8): 2574-2580.
- [6] 陈洪松,邵明安,张兴昌,等. 野外模拟降雨条件下坡面降雨入渗,产流试验研究①[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 5-8.
- [7] 郭新送,宋付朋,高杨,等. 模拟降雨下3种类型土壤坡面的泥沙流失特征及其养分富集效应[J]. 水土保持学报, 2014, 28(3): 23-28.
- [8] 刘纪根,张听川,李力,等. 紫色土坡面植被覆盖度对水土流失影响研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(3): 16-20.
- [9] Aizen V, Aizen E, Glazirin G, et al. Simulation of daily runoff in Central Asian alpine watersheds[J]. Journal of Hydrology, 2000, 238(1): 15-34.
- [10] Mazi K, Koussis A D, Restrepo P J, et al. A ground-water-based, objective-heuristic parameter optimisation method for a precipitation-runoff model and its application to a semi-arid basin[J]. Journal of Hydrology, 2004, 290(3): 243-258.
- [11] Nearing M A, Jetten V, Baffaut C, et al. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover[J]. Catena, 2005, 61(2): 131-154.
- [12] Fang N F, Shi Z H, Li L, et al. The effects of rainfall regimes and land use changes on runoff and soil loss in a small mountainous watershed[J]. Catena, 2012, 99(12): 1-8.
- [13] Wei W, Chen L, Fu B, et al. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China[J]. Journal of Hydrology, 2007, 335(3/4): 247-258.
- [14] 晏清洪,原翠萍,雷廷武,等. 降雨类型和水土保持对黄土区小流域水土流失的影响[J]. 农业机械学报, 2014, 45(2): 169-175.
- [15] Huang Zhigang, Ouyang Zhiyun, Li Fengrui, et al. Response of runoff and soil loss to reforestation and rainfall type in red soil region of southern China[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(11): 1765-1773.
- [16] 秦伟,左长清,晏清洪,等. 红壤裸露坡地次降雨土壤侵蚀规律[J]. 农业工程学报, 2015, 31(2): 124-132.
- [17] 梁娟珠. 南方红壤区不同植被措施坡面的水土流失特征[J]. 水土保持研究, 2015, 22(4): 95-99.
- [18] 陈利顶,贾福岩,汪亚峰. 黄土丘陵区坡面形态和植被组合的土壤侵蚀效应研究[J]. 地理科学, 2015, 35(9): 1176-1182.
- [19] 李鹏,李占斌. 植被保持水土有效性研究进展[J]. 水土保持研究, 2002, 9(1): 76-80.
- [20] 徐宪立,马克明,傅伯杰,等. 植被与水土流失关系研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3137-3143.