

不同坡面植被空间布局对坡沟系统 产流产沙影响的实验

袁峰¹, 李 勉²

(1 长江科学院水土保持研究所, 武汉 430010; 2 黄河水利科学研究院水土保持研究所, 郑州 467000)

摘要: 植被在有效控制水土流失、改善生态环境中具有重要作用。为探讨坡面不同植被覆盖度、不同植被空间布局对坡沟系统侵蚀产沙的影响, 以 4 m 长坡面 (坡度为 20°) 和 3 m 长沟坡 (坡度为 50°) 组成的坡沟系统为研究对象, 采用不同放水流量 (3.2 L/min、5.2 L/min) 的放水冲刷实验, 研究了不同放水流量、不同植被覆盖度、不同植被布设部位对坡-沟系统及沟坡侵蚀产沙的影响。结果表明, 在实验条件下, 不同植被布设部位在相同放水流量、相同植被覆盖度条件下对坡沟系统侵蚀产沙有明显影响, 而对产流量无明显影响; 沟坡部分侵蚀产沙量不随坡面植被覆盖度的增大而减小, 相反呈增大趋势。说明在实验条件下, 对坡沟系统而言, 仅在坡面部分布设植被, 尽管能在一定程度上减少坡沟系统侵蚀产沙, 但不能有效减小沟坡部分的侵蚀产沙, 甚至引起沟坡部分侵蚀产沙的增大。因此, 水土流失治理过程中采取有效措施进行坡沟兼治将是减少水土流失的有效手段。

关键词: 植被空间分布格局; 坡沟系统; 产流产沙

文章编号: 1000-0585(2010)10-1870-09

1 引言

自 1941 年 Smith 把植被的作用引入到土壤流失估算方程中, 首先开始研究植被对土壤侵蚀的影响以来, 国内外学者对此问题进行了大量研究^[1~3]。James 等人的研究表明, 除掉土壤表面所有植被的降雨侵蚀量是未扰动森林土壤的 16 倍^[4]。Zheng 等在子午岭地区研究发现, 人类活动强烈干扰破坏地表植被后, 土壤侵蚀速率将明显增加, 植被破坏后土壤侵蚀模数可达 10000~24000 t/(km²·a), 相当于植被破坏前土壤侵蚀模数的 800 倍, 甚至更多^[5]。鉴于植被在保持水土、减少土壤流失中的重要作用, 近几十年来, 国内外学者分别从不同角度对植被与土壤侵蚀的关系、植被的垂直结构、形态结构与土壤侵蚀的关系等方面进行了许多研究^[6~13], 取得了许多重要研究成果。但这些研究大多主要集中于植被盖度与侵蚀量的关系等方面, 如对有效植被盖度与不同类型植被覆盖度下的侵蚀量差异等^[14, 15]。尽管对不同植被空间分布格局对侵蚀产沙的影响问题也有涉及^[16, 17], 但研究尺度多限于坡面。实际上, 由于我国黄土高原下垫面条件和气候条件的特殊性, 从分水岭到坡脚, 径流侵蚀产沙方式、强度等特征也表现出明显的垂直分带性^[18], 因此, 自上世纪中期以来, 许多学者就针对这种特殊地貌类型及侵蚀形式, 探讨了坡面和沟道的产沙比

收稿日期: 2010-01-03; 修订日期: 2010-05-26

基金项目: “十一五”科技支撑项目 (2008BAD98B02); 国家重点基础研究发展计划 (2007CB407203)

作者简介: 丁文峰 (1975-), 男, 博士, 高级工程师。主要从事土壤侵蚀与水土保持方面的研究。

E-mail: wenfengding@163.com

例及泥沙来源问题, 以期对黄土高原治理方略提供理论依据, 但由于研究者采用的研究方法和研究手段不同, 关于黄土高原治理方略问题一直没有定论。实际上, 作为坡面和集水区或流域间联系的纽带, 坡沟系统侵蚀产沙问题近年来已引起许多研究者的关注^[19, 20]。因此, 将坡沟连续体作为一个系统研究植被不同空间布局对坡沟系统侵蚀产沙的影响对回答黄土高原治理方略具有重要参考依据。因此, 本研究将通过模拟实验的方法, 以坡-沟系统为研究对象, 探讨坡面不同植被空间布局对坡沟系统产流产沙过程的影响, 以期今后水土保持植被措施布局提供一定的理论依据。

2 材料与方法

2.1 实验设计

采用室内模拟实验的方法, 研究对象为两种不同的实体模型, 一种为坡面模型, 一种为坡-沟系统模型。实验在两种模型上分别同时进行, 这样就能保证控制条件基本一致, 在结果分析时, 将两种模型上的实验结果相比较, 就能间接得出坡面植被空间分布对坡沟系统侵蚀产沙的一些基本规律。坡-沟系统实体模型的坡面部分设计坡度为 20°, 沟坡设计坡度为 50°。模型净宽为 2.0m, 中间用 PVC 板将其分隔为四个相同宽度的部分, 同时开展实验, 以保证重复实验过程中的流量、土壤、地形等条件尽可能一致, 从而减小人为引起的误差。实验模型坡面部分水平投影长 4.0m, 沟坡部分水平投影长 3.0m。

在每次实验前首先在坡沟系统的坡面部分布设不同覆盖度的草本植物, 覆盖度选择 0、30%、50%、70%、90% 五种。植被的布设根据侵蚀量的空间差异采用上、中、下三种布设方案, 由于 90% 植被覆盖度与 100% 植被覆盖度差别不大, 故 90% 植被覆盖度未分 3 种部位进行布设。

实验填土前, 将实验用草野牛草 (*Buchloe dactyloides*) 带土 20cm 移植到坡面不同部位, 其他部位分层填入实验土, 边填边用力压实, 填土结束后, 将无草覆盖坡面整平以保证每次实验其边界条件基本一致。实验槽内的坡面、沟坡土壤干容重分别控制在 1.35g/cm³ 和 1.45g/cm³ 左右。为了保证实验的有效性, 每场实验均重复进行两次, 并于实验后重新布设草被和装填实验土, 以保证重复实验的覆盖度及填土容重与前一次实验基本一致。每次布设好坡面植被后放置 3~5 天, 以使植草部分与坡面实验用土紧密结合, 具体布设方法见图 1, 图中阴影部分表示草被的布设, 图中标记为 2、3、4 号的径流小区分别对应草下部、草中部和草上部。另外, 每次实验时, 选一个无草被的裸露径流小区作为对照, 如图中的 1 号小区。当一种覆盖度的实验结束后, 将图中的草被换下, 重新移植, 直至达到设计要求的标准, 开始下一轮实验。

2.2 实验方法

实验采用放水冲刷法进行。实验用土为郑

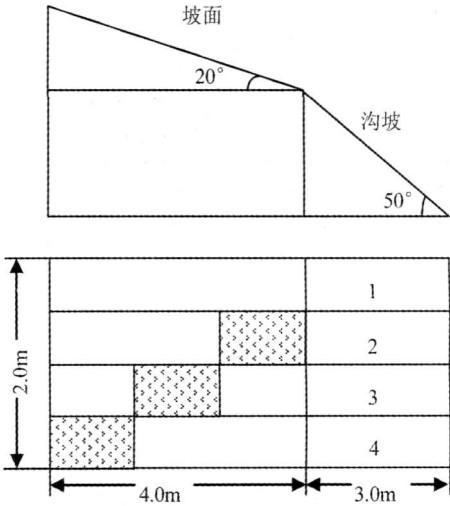


图 1 草地在在坡沟系统上的布设简图 (30% 覆盖度)
Fig 1 The sketch map of grass disposed on gully-slope system (30% coverage)

州邙山附近果园地表层潮土，实验用土的粒径组成如表 1 所示。

表 1 实验土壤的粒径组成

Tab 1 The particle composition of experimental soil

土壤粒径 (mm)	1~ 0.25	0.25~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.001	< 0.001
百分比 (%)	1.20	35.80	42.80	2.40	6.80	11.00

在装填实验土之前，将野外运回的土样过 10mm 孔径的筛后填入实验土槽，考虑到实验的需要，填土厚度保持在 40cm 左右。实验开始前，为了消除土壤前期含水量不同给实验带来的影响，先在坡面上均匀地降一场小雨，雨强控制在 0.5mm/min~ 0.8mm/min，降雨总量约 10mm，并保证坡面不产流。然后采用放水冲刷法进行实验，供水设备采用定水头装置供水，以保证在整个实验过程中供水量的稳定。实验开始后，待坡面完全产流后，记录实验土槽的产流时间，并开始采集土槽下端出口处的径流过程样，采样时间间隔确定为 1min，并且采用全部收集的方式进行，整个实验过程持续 20min，共计采集 20 个径流泥沙样，采集的径流泥沙样中的含沙量用置换法进行计算。在采样的同时，测量坡面上水流流速，水流宽度，其中流速的测定采用颜料示踪法，径流的水流宽度用薄钢尺测量。实验放水流量按黄土高原不同降雨强度在野外标准径流小区上产生的单宽流量换算到实验土槽上的流量得到，共设计 3.2L/min 和 5.2L/min 两级，约相当于 1.5mm/min、2.1mm/min 的降雨强度在实验土槽上产生的径流。为了保证实验的精度，每个实验流量连续重复 2 次。

3 结果分析

3.1 不同植被覆盖度与不同植被空间布局对坡沟系统产流产沙的影响

根据实验数据，将各种坡面植被覆盖度、各种植被布设坡位条件下的坡沟系统侵蚀产沙量和产流量统计于表 2。表 2 中数据是两次重复实验的平均值，经统计分析表明，两次

表 2 不同覆盖度、不同放水流量、不同布设部位下的坡沟系统侵蚀产沙及产流

Tab 2 Sediment and runoff yield on slope under different grass coverages, flow intensity and different disposals on slope gully system

放水流量 (L/min)	植被覆 盖度(%)	布设 部位	径流量 (L)	产沙 量(kg)	放水流 量(L/min)	植被覆 盖度(%)	布设 部位	径流 量(L)	产沙 量(kg)
3.2	0	-	68.17	26.80	5.2	0	-	115.24	58.64
		上	66.37	25.90			上	115.18	53.22
		中	66.35	24.65			中	114.28	52.82
	30	下	65.53	20.74		30	下	113.73	50.00
		上	64.77	24.95			上	106.21	46.00
		中	63.42	24.07			中	107.69	37.12
	50	下	62.68	18.28		50	下	113.80	36.19
		上	61.05	24.05			上	116.89	38.23
		中	60.35	23.99			中	113.76	35.09
	70	下	55.26	17.38		70	下	103.47	34.16
		-	43.08	16.46			-	103.30	33.02

重复数据间差异不显著, 用于分析不同植被布设部位、不同植被覆盖度对坡沟系统的侵蚀产沙的影响时可信。从表 2 中可以看出, 对于相同植被覆盖度、相同放水流量和不同植被布设部位下的坡沟系统来说, 其侵蚀产沙量和径流量的变化存在如下规律: 草上部、草中部、草下部的侵蚀产沙量依次呈下降趋势, 产流量基本保持平衡。如覆盖度为 30%, 放水流量为 3 L/min 时, 草上部的产沙量为 25.90kg, 草中部的产沙量为 24.65kg, 草下部的产沙量为 20.74kg。而无覆盖条件下的产沙量为 26.80kg, 三种不同布设部位条件下的减沙效应分别为 3.4%、8.02% 和 22.62%。三种不同坡位条件下的产流量依次为 66.37L、66.35L 和 65.53L, 无植被条件下的坡沟系统产流量为 68.16L, 减少径流的百分比分别为 2.62%、2.66% 和 3.86%。当放水流量增大到 5 L/min 时, 三种植被布设方案下的产沙量依次为 53.22kg、52.82kg、50.00kg, 与无植被条件下的产沙量 58.64kg 相比, 分别减少 9.24%、9.92%、14.74%, 产流量依次为 115.18L、114.28L、113.73L, 与无植被条件下的产流量 115.24L 相比, 分别减少不足 1%。

对于相同的放水流量和相同的植被布设部位, 坡沟系统侵蚀产沙量随植被覆盖度的增大而减小, 且减沙效益随坡面植被布设部位不同而有所差异, 总体表现为草下部减沙效益 > 草中部减沙效益 > 草上部减沙效益。如在放水流量为 5 L/min 时, 坡面植被布设部位为上部条件下, 0~90% 五个植被覆盖度条件下的侵蚀产沙量分别为 58.64kg、53.22kg、46.00kg、38.23kg、33.02kg, 各种植被覆盖度条件下坡沟系统的减沙效益分别为 9.24%、21.56%、34.81%、43.69%。坡面植被布设部位为中部条件下, 0~90% 五种植被覆盖度条件下的侵蚀产沙量分别为 58.64kg、52.82kg、37.12kg、35.09kg、33.02kg, 各种植被覆盖度条件下坡沟系统的减沙效益分别为 9.92%、36.70%、40.16%、43.69%。坡面植被布设部位为下部条件下, 0~90% 植被覆盖度条件下的侵蚀产沙量分别为 58.64kg、50.00kg、36.19kg、34.16kg、33.02kg, 各种植被覆盖度条件下坡沟系统的减沙效益分别为 14.73%、38.28%、41.74%、43.69%。产流量随坡面植被覆盖度及植被布设部位的变化趋势不明显。

分析这种现象的原因, 主要与黄土区的产流方式有关。由于在黄土高原沟壑区产流方式为超渗产流, 只有当雨强大于土壤的入渗强度、雨量大于植被的截留量时才有可能形成地表径流。而实验条件下的两种放水流量均大于土壤的入渗强度, 但小放水流量时, 植被对径流的阻挡作用较强, 增大了径流的入渗量, 而大流量的放水实验中, 植被的阻挡作用相对较弱, 因此相对入渗量也较少, 导致两种强度放水条件下径流动力在坡面上的分布不同, 并最终对侵蚀产沙量产生影响。

3.2 不同植被覆盖度与不同植被空间布局下坡沟系统产流产沙过程

根据实验数据, 将不同植被布设部位条件下坡沟系统径流含沙量过程作于图 2 中。从图中可见, 在某一特定的放水流量和植被覆盖度条件下, 不同植被布设部位下的坡沟系统径流含沙量均随实验时间的延长而呈波动下降趋势, 在实验的开始阶段, 三种植被布设部位下坡沟系统径流含沙量无明显的规律可循, 到实验的后期逐渐呈现出草上部径流含沙量 > 草中部径流含沙量 > 草下部径流含沙量的规律。分析出现这种现象的原因, 主要是由于在实验的开始阶段, 侵蚀类型属于面蚀、片蚀, 径流含沙量的大小主要取决于坡面上松散土壤颗粒数量的多少, 加之此阶段土壤入渗量大, 径流量较小, 少量泥沙便会出现很高的径流含沙量。随实验的进行, 径流侵蚀方式转变为细沟侵蚀, 细沟侵蚀的出现使侵蚀产沙量迅速增大, 但由于坡面植被的机械阻拦作用, 使径流流速、流态等发生改变, 一部分泥

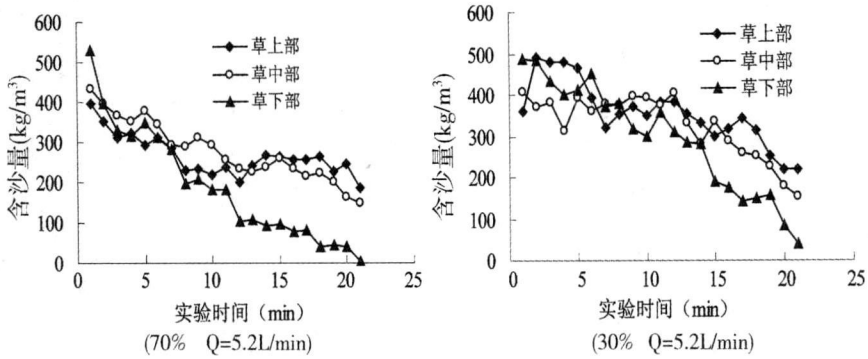


图 2 相同植被覆盖度、不同植被布设部位下坡沟系统径流含沙量

Fig 2 The sediment load variation under the same grass coverage and different types of transplanted grass on slope gully system

沙不能输出坡沟系统而被阻拦，因此，径流含沙量并未出现突然增大的现象，相反，却呈现出逐渐下降趋势。实验中由于植被布设部位的不同，对泥沙阻拦的效果也不同，当植被布设于坡面上部时，由于上方来水含沙量很小，植被并不能发挥对泥沙的机械阻拦作用，一旦径流流出植被布设段，便开始产生侵蚀，因此无植被布设部分产生的泥沙将被径流挟带而输出坡面；当植被布设部位为中部及下部时，由于进入坡面的径流已经在上方无植被带产生了侵蚀，当其流入植被布设段时，植被的阻拦作用便发挥出来，植被对泥沙的阻拦作用大小取决于进入植被布设段径流含沙量的多少及径流流量，因此，出现了草上部径流含沙量> 草中部径流含沙量> 草下部径流含沙量的规律。

根据相同植被布设部位、不同植被覆盖度下的坡沟系统径流含沙量过程可见（图 3），在五种植被覆盖度条件下，坡沟系统径流含沙量过程均呈随实验时间延长而下降的趋势，随植被覆盖度的增大，径流含沙量也越大。不同植被覆盖度下的坡沟系统累积径流量和累积产沙量过程来看，累积径流量和累积产沙量过程均随植被覆盖度的增大而减小，但二者相比较而言，侵蚀产沙量的减少更为明显（图 4，图 5）。

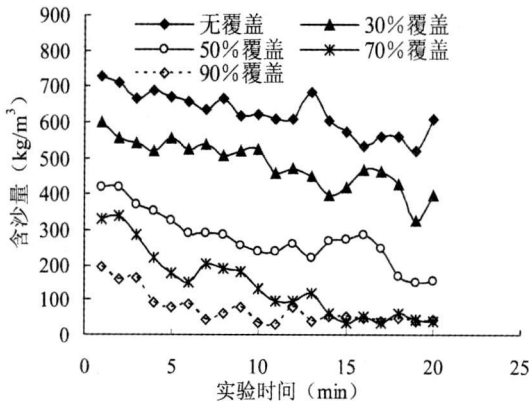


图 3 五种植被覆盖度下的坡沟系统径流含沙量过程 (Q= 5 2L/min, 坡上部)

Fig 3 Runoff sediment concentration of slope gully system under the five different grass coverages (Q= 5 2L/min, grass at the top slope)

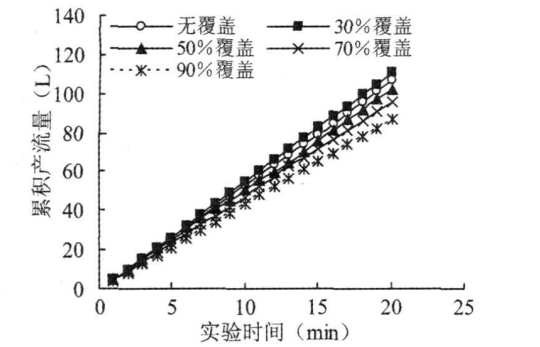


图 4 不同植被覆盖度条件下坡沟系统累积产流量

Fig. 4 Cumulative runoff volume of slope-gully system under the five different grass coverages

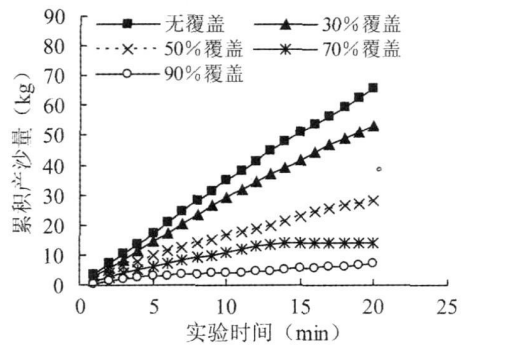


图 5 不同植被覆盖度条件下坡沟系统累积产沙量

Fig. 5 Cumulative sediment yield of slope-gully system under the five different grass coverages

究其原因，可能与随着坡面植被覆盖度的增大，草地对地表径流的阻拦作用加强，地表径流流速相应减小，结果使径流动能减小，这样径流在从坡面顶端向下流动过程中由势能转化成的动能有很大部分由于草体的阻拦而消耗，用于剥离、挟带泥沙的能量相对减小，从而减少了侵蚀量；另一方面，随植被覆盖度的增大，延长了地表径流流动的时间，增加了入渗总量，减少了径流总量，同时，由于植物根系对土壤的穿插固结，使得土壤抗冲能力得到加强，能够抵抗更强烈的径流冲刷，同样的径流条件侵蚀产沙量也就较小。

3.3 不同植被覆盖度与不同植被布设部位下沟坡部分的侵蚀产沙

文中坡面实体模型和坡沟系统实体模型均在相同的实验条件下进行放水冲刷实验，因此，将坡沟系统的侵蚀产沙减去坡面部分的侵蚀产沙即可得到坡沟系统中沟坡部分的侵蚀产沙。根据实验数据，计算了沟坡部分在不同放水流量、不同植被覆盖度、不同植被布设部位下的侵蚀产沙量（表 3）。表 3 中数据是两次重复实验的平均值，经统计分析表明，两次重复数据间无明显差别，可用于分析不同植被覆盖度、不同植被布设部位下沟坡部分的侵蚀产沙。

表 3 沟坡部分在不同放水流量、不同植被覆盖度、不同植被布设部位下的侵蚀产沙量

Tab 3 The sediment yield of gully section under different flow discharges, different grass coverages and different disposals on slope							
覆盖度 (%)	放水流 量 (L/min)	植被布 设部位	沟坡侵 蚀量 (kg)	覆盖度 (%)	放水流 量 (L/min)	植被布 设部位	沟坡侵 蚀量 (kg)
0	3.2		1.885	0	5.2		16.258
		上	4.992			上	23.929
30	3.2	中	6.979	30	5.2	中	23.788
		下	6.872			下	26.699
		上	10.233			上	21.248
50	3.2	中	11.932	50	5.2	中	18.596
		下	6.511			下	20.394
		上	12.023			上	22.996
70	3.2	中	12.503	70	5.2	中	19.353
		下	10.005			下	19.073
90	3.2		10.531	90	5.2		22.949

可以看出, 在相同的植被覆盖度、相同植被布设部位、不同放水流量条件下, 沟坡部分的侵蚀产沙量随放水流量的增大而增大; 而对于相同的放水流量、不同植被覆盖度, 沟坡部分的侵蚀产沙量并没有随植被覆盖度的增大而减小, 相反呈现出增大的趋势, 且在不同植被布设部位条件下的侵蚀产沙量没有明显的规律可循。如当放水流量为 3 2L/ min 时, 沟坡部分在五种不同植被覆盖度下 (以草上部为例) 的侵蚀产沙量分别为 1. 885kg、4. 992 kg、10. 233 kg、12. 023 kg、10. 531 kg。即对坡沟系统来说, 坡面植被覆盖度为 90% 条件下的沟坡部分侵蚀量比坡面无植被覆盖条件下的沟坡部分侵蚀量还要大。分析在相同的放水流量、不同植被覆盖度条件下, 沟坡部分的侵蚀产沙量随植被覆盖度的增大而增大的原因, 主要是因为影响沟坡部分侵蚀量的因素主要有放水流量、坡面来水含沙量、坡面来水单位水流功率、坡面部分植被覆盖度四个。其中单位水流功率的计算根据杨志达^[21]对单位水流功率的定义进行计算。即在长度为 x , 总落差为 Y 的一条明渠上, 单位重量的水体所具备的用于输送水和泥沙的能量率为:

$$\frac{dY}{dt} = \frac{dx}{dt} \frac{dY}{dx} = VS$$

(1)

式中, V 为径流流速 (m/ s), S 为水力能坡, 无量纲。

经用相关分析法对以上四个因子对沟坡部分侵蚀产沙量大小的影响程度进行了分析 (结果如表 4)。

表 4 沟坡部分侵蚀产沙量与各影响因子的相关系数

Tab 4 The correlations between the sediment yield of gully section and effect factors

	沟坡部分侵 蚀产沙量 (kg)	单位水流 功率 (m/ s)	放水流 量 (L/ m min)	坡面来水 含沙量 (kg/ m ³)	植被覆 盖度 (%)
沟坡部分侵蚀产沙量 (kg)	1	0. 799*	0. 910*	- 0. 875*	0. 447
单位水流功率 (m/ s)		1	0. 841*	- 0. 825*	- 0. 647
放水流量 (L/ m min)			1	- 0. 913*	0. 314
坡面来水含沙量 (kg/ m ³)				1	0. 719*
植被覆盖度 (%)					1

注: * 表示在 0. 01 水平上显著

在影响沟坡部分侵蚀产沙量的四个因子中, 放水流量和坡面来水含沙量以及坡面来水单位水流功率三个因子与沟坡部分侵蚀产沙量呈显著相关, 而与植被覆盖度相关性最差。因此, 就不难理解沟坡部分侵蚀产沙量没有随植被覆盖度的增大而减小, 相反呈现出增大的趋势的原因了。由于坡面来水含沙量与坡面植被覆盖度呈反比, 当坡面植被覆盖度由小增大时, 坡面部分末端的径流含沙量则由大变小, 也就是说对于沟坡部分来说, 其上端来水含沙量随坡面部分植被覆盖度的增大而减小, 径流含沙量与径流挟沙能力的差值就越大, 而径流剥蚀率与径流含沙量和径流挟沙能力的差值成正比, 因此沟坡部分的侵蚀产沙量也就越大, 从而出现尽管坡面部分植被覆盖度增大, 但沟坡部分侵蚀产沙量却增加的现象。

4 结论

(1) 坡沟系统在相同植被覆盖度、相同放水流量条件下, 三种不同植被布设坡位下

径流总量间无明显差别, 但产沙量明显呈现出草上部侵蚀产沙> 草中部侵蚀产沙> 草下部侵蚀产沙的趋势, 且草下部减沙效益> 草中部减沙效益> 草上部减沙效益; 在相同植被布设部位、相同放水流量条件下, 坡沟系统的径流总量在不同植被覆盖度条件下无明显差异, 而产沙量随植被覆盖度的增大而明显减小。说明坡面不同植被布设部位对产沙量的控制并非通过对径流量的调节而实现的, 产流量的大小只与坡面植被覆盖度及放水流量大小有关而与植被的布设部位无关。

(2) 对沟坡部分而言, 在相同的植被覆盖度、相同植被布设部位、不同放水流量条件下, 沟坡部分的侵蚀产沙量随放水流量的增大而增大; 而对于相同的放水流量, 沟坡部分的侵蚀产沙量并不随植被覆盖度的增大而减小, 相反呈现出增大的趋势, 这主要是因为影响沟坡部分侵蚀量的四个因素中, 放水流量和坡面来水含沙量以及坡面来水单位水流功率三个因子与沟坡部分侵蚀产沙量呈显著相关, 而与植被覆盖度相关性最差。从而进一步说明, 在黄土高原水土流失治理中仅治坡不治沟虽能在一定程度上减少总侵蚀量, 但减少的侵蚀量主要集中于坡面部分, 对沟坡部分来说, 其侵蚀量不但不能减少, 反而会引起更大的侵蚀产沙量。因此, 在黄土高原的实际治理过程中采取有效措施进行坡沟兼治将是减少水土流失的有效手段。

参考文献:

- [1] Smith D D. Interpretation of soil conservation data for field using Agricultural Engineering, 1941, 22: 173~ 180
- [2] 倪晋仁, 李英奎. 基于土地利用结构变化的水土流失动态评估. 地理学报, 2001, 56(5): 611~ 621
- [3] 朱连奇, 许叔明, 陈沛云. 山区土地利用/覆盖变化对土壤侵蚀的影响. 地理研究, 2003, 22(4): 432~ 438.
- [4] 焦菊英, 王万忠. 人工草地在黄土高原水土保持中的减水减沙效益与有效盖度. 草地学报, 2001, 9(3): 176~ 182
- [5] Zheng F L. Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau Pedosphere, 2006, 16(4): 420~ 427.
- [6] 徐宪立, 马克明, 傅伯杰. 等. 植被与水土流失关系研究进展. 生态学报, 2006, 26(9): 3137~ 3143
- [7] 张光辉, 梁一民. 植被盖度对水土保持功效影响的研究综述. 水土保持研究, 1996, 3(2): 104~ 110
- [8] 焦菊英, 王万忠, 李靖. 黄土高原林草水土保持有效盖度分析. 植物生态学报, 2000, 24(5): 608~ 612
- [9] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 黄土丘陵沟壑区集水区尺度土地利用格局变化的水土流失效应. 生态学报, 2004, 24(7): 1358~ 1364
- [10] 黄进勇, 严力蛟, 王兆骞. 红壤小流域不同土地利用方式下的水土流失特征. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, 28(1): 78~ 82
- [11] 符素华, 段淑怀, 李永贵, 等. 北京山区土地利用对土壤侵蚀的影响. 自然科学进展, 2002, 12(1): 108~ 112
- [12] 江忠善, 王志强, 刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1~ 9
- [13] 李占斌, 朱冰冰, 李鹏. 土壤侵蚀与水土保持研究进展. 土壤学报, 2008, 45(5): 802~ 809
- [14] 张光辉, 梁一民. 植被盖度对水土保持功效影响的研究综述. 水土保持研究, 1996, 3(2): 104~ 110
- [15] 焦菊英, 王万忠, 李靖. 黄土高原林草水土保持有效盖度分析. 植物生态学报, 2000, 24(5): 608~ 612
- [16] 李强, 李占斌, 鲁克新, 等. 黄土丘陵区不同植被格局产流产沙实验研究. 中国农村水利水电, 2008, (4): 100~ 103
- [17] 游珍, 李占斌, 蒋庆丰. 植被在坡面的不同位置对降雨产沙量影响. 水土保持通报, 2006, 26(6): 28~ 31
- [18] 刘元保, 朱显谟. 黄土高原土壤侵蚀垂直带性研究. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1988, (7): 5~ 8
- [19] 丁文峰, 李勉, 姚文艺, 等. 坡沟侵蚀产沙关系的模拟实验研究. 土壤学报, 2008, 45(1): 32~ 39
- [20] 李勉, 姚文艺, 陈江南, 等. 草被覆盖下坡面沟坡系统坡面流阻力变化特征实验研究. 水利学报, 2007, 38(1): 112~ 119
- [21] 杨志达. 泥沙输送理论与实践. 李文学, 姜乃迁, 等译. 北京: 中国水利水电出版社, 2000

Experimental study on the effect of slope vegetation distribution variation on runoff and sediment yield in slope-gully system

DING Wen-feng¹, LI Mian²

(1. Soil and Water Conservation Department of Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China, China; 2 Institute of Hydraulic Research of Yellow River, Zhengzhou 467000, China)

Abstract: The runoff erosion formation and the sediment yield intensity present a vertical distribution because of the complicated topography and the special climate condition in the Loess Plateau of China. The variation of vegetation distribution has great effects on sediment yield in slope-gully system because of the erosion spatial variability. The authors, taking the slope-gully system as a research object, which is composed of the 4-meter-long slope and the 3-meter long gully slope, made a series of simulated scouring experiments under different flow discharges (3.2 L/min, 5.2 L/min). This paper studies the effects of different flow discharges, different vegetation distribution along the slope (up-slope, middle-slope and down-slope) and different vegetation coverages (0, 30%, 50%, 70%, and 90%) to the sediment yielding of slope-gully system. The results show that, the total runoff volume and the process of runoff yield have no obvious difference among the three types of different transplanted grass on slope under the same grass coverages and the same flow discharges, but the sediment yield has distinct variation among the three types. That is, different types of grass decrease the sediment yield not by reducing the runoff volume. The total runoff discharge is only related to the grass coverage on slope and the flow discharge under the experimental condition. The amount of sediment yield on gully section increases with the increase of the flow discharges under the same grass coverage, as well as the same transplanted grass on slope. The amount of sediment yield on gully section did not show a decreasing tendency when the flow discharge is raised, but showed an increasing tendency instead. According to this result, if we only take the measure of harnessing the slope without harnessing the gully, the amount of sediment of gully section will increase with the rise of flow discharges. So we should give attention to slope and gully when we harness the soil and water loss in watersheds of the Loess Plateau.

Key words: different vegetation distribution; slope-gully system; sediment yield