

紫色土陡坡地不同土地利用对 水土流失过程的影响*

蔡强国 吴淑安

中国科学院
地理研究所·北京市·100101)
国家计委

摘 要 在天然降雨观测基础上,通过模拟降雨试验探讨了紫色土陡坡地不同土地利用对水土流失过程的影响。实测资料揭示暴雨和坡长是导致紫色土陡坡地水土流失的重要因素,高强度降雨在 10 m 坡长坡耕地上会引起强烈的细沟侵蚀。在暴雨情况下,25 陡坡耕地上,一年生植物活篱笆可以使径流量减少 22% ~ 43%,侵蚀产沙量减少 94% ~ 98%。石坎水平梯田比陡坡耕地的径流量减少 62% ~ 67%,侵蚀产沙量减少 97.8% ~ 99%。植物活篱笆可以很大地减少陡坡地土壤流失,其投资仅是石坎水平梯田的 10% ~ 20%,是三峡库区改良利用陡坡地,防治土壤流失的有效方法。

关键词: 紫色土 陡坡地 土地利用 水土流失过程

Effect of Different Land Use On Soil and Water Loss Processes On Purple Steep Slopeland

Cai Qiangguo Wu Shu'an

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State Plan Commission, Beijing, 100101, PRC)

Abstract Based on natural precipitation observations, impacts of different types of land use on processes of soil and water loss over purple soil related slopeland were studied by simulated rainfall experiments. Measurement data revealed that rainstorms and slope length are the essential factors accountable for soil and water loss on purple soil slopeland for intense rill erosion can be caused on 10-meter-long purple soil slopes by high intensity rainfall. Under circumstances of rainstorms, annual hedge plants grown on 25°slopeland can cause a reduction of runoff by 22 ~ 43 percent and that of erosion-induced sand content by 94 ~ 98 percent. Stone banded horizontal terraces can lead to a runoff reduction by 62 ~ 67 percent in comparison with steep slopeland and that of erosion-induced sediment by 97.8 ~ 99 percent. Soil and water loss can be substantially decreased on steep slopes by hedge plants with a cost of only 10 ~ 20 percent of that of the steep banded horizontal terraces. Hence it is an effective way to

control soil and water loss in terms of slopeland amelioration and utilization in the Three Gorges reservoir area.

Keywords: purple soil; slopeland; land use; soil and water loss processes

黄秉维先生提出的应用复合农林业进行坡地改良利用, 主要采取生物措施, 很大地提高坡地持续生产力, 将为综合开发利用长江三峡库区的坡地资源开创新的途径^[1,2]。中国的紫色土集中分布于长江上游地区, 也见于长江以南的各个省区。紫色土养分储量丰富, 在四川盆地 0.067 亿多 hm^2 耕地中, 其分布面积达 466.7 万多 hm^2 , 为四川全省稻、麦、油、蔗的主要生产用地^[3]。目前, 在长江三峡库区, 农耕地的土壤侵蚀量占库区侵蚀量的 60%, 而陡坡耕地有 20 万 hm^2 , 占耕地面积的 22%, 已经成为坡耕地土壤侵蚀的重要来源。

秭归县位于鄂西南山区, 地处长江西陵峡谷地带, 长江流经境内 90 km, 是三峡水库库首县, 全县土地总面积 2 427 km^2 , 共 42.2 万人, 其中农业人口 38.5 万人, 农业人口密度为 169 人/ km^2 , 农业人均耕地 0.089 hm^2 , 基本农田人均 0.04 hm^2 。紫色土是秭归县主要耕作土之一, 主要集中于秭归盆地及相邻地区的紫色沙页岩地区。据遥测资料表明, 全县水土流失面积达 2 030 km^2 , 占全县土地总面积的 83.8%, 其中因耕种坡地而造成流失面积达 926.8 km^2 , 占中度以上流失面积的 64.2%。在全县 2.35 万 hm^2 旱耕地中, 坡度小于 10° 的占 25%, 10°~25° 占 34%, 大于 25° 的陡坡地则占 36%。这些大于 25° 的陡峻地形地貌, 对触及坡面静态平衡的行为极为敏感, 水土流失极为严重, 如遇暴雨或连续降雨, 就容易发生泥沙倾泻, 甚至诱发滑坡崩塌, 如遇久晴天旱, 土壤表层将会形成干土泻溜。1958 年以前, 兴山至香溪镇能行驶 2~3t 木驳船, 船长 16 m, 宽 1.5 m, 顺水一天到香溪河口。由于滑坡、崩塌和强烈水土流失, 导致河运终止。秭归地处三峡暴雨区, 属亚热带大陆性季风气候, 集中暴雨和连续降雨是主要降雨特征^[4]。

该文是在天然降雨观测基础上, 通过模拟降雨试验探讨 25° 紫色土陡坡地不同土地利用对水土流失过程的影响, 希望在三峡库区不同地质地貌条件的坡地上, 寻求有效的方法, 修建投入少、稳定性强、效益高的水平梯田和缓坡梯田, 为安置库区农村移民, 发展山区大农业经济做出贡献。

1 试验场地与模拟降雨试验

试验小区设在三峡库区湖北省秭归县农特产局柑橘良种繁育站红石崖分场, 海拔 200 m, 坡向西南, 共修建了 9 个试验小区, 其中 4 个用于研究不同坡度的水土流失过程, 坡度分别为 20°、25°、30°、35°, 土壤类型是在紫色沙页岩残积物上发育的紫色土, 其母岩为侏罗系蓬莱镇组, 土层厚度为 50~70 cm。另外 5 个 25° 试验小区用于观测不同植物活篱笆的水沙效益, 主要活篱笆植物包括香根草、马桑、黄荆和新银合欢, H-9 号小区为对照小区, 是进行正常耕作的坡耕地。还有 5 个试验小区由秭归县水保办王家桥水土保持试验站设在王家桥流域沟口, 主要是进行梯田与坡耕地的对比研究。近两年来除了对以上 14 个试验小区进行常年天然降雨径流泥沙观测外, 每年进行两次模拟降雨试验, 观测降雨径流与侵蚀产沙过程, 以弥补天然降雨观测的不足。作者在这 14 个试验观测小区上完成了近 60 场的模拟降雨试验。所用下喷式模拟降雨机由加拿大引进, 采用美国 SPRACO 锥形喷头, 模拟试验降雨动能约为等雨强天然降雨的 90%^[5]。

该文主要对其中有关的 16 场模拟降雨的试验资料进行定量分析,目的是探讨 25 紫色土陡坡地不同土地利用对水土流失过程的影响。现将模拟降雨试验小区特征、前期表土与模拟降雨情况列于表 1。

表 1 模拟降雨试验小区特征、前期表土与模拟降雨情况

试验编号	面积 (m ²)	土地利用	作物	活篱笆种类	覆盖度 (%)	降雨前期土壤状况		模拟降雨	
						含水量 (%)	抗剪强度 (kPa)	雨强 (mm/min)	历时 (min)
F25S	2×5	荒坡地	杂草		30	9.55	5.6	0.65	30
F25B	2×5	荒坡地	杂草		30	28.4	4.24	1.29	30
H25S	2×5	坡耕地	新翻耕		0	21.68	2	0.54	30
H25B	2×5	坡耕地	新翻耕		0	27.7	2	1.33	30
94H-5	2×10	坡耕地	红豆	香根草	45	19.7		1.39	51.5
94H-6	2×10	坡耕地	红豆	马桑	20	10.14		1.54	50
94H-7	2×10	坡耕地	红豆	黄荆	70	8.1		1.66	58
94H-8	2×10	坡耕地	红豆	银合欢	35	8.21		1.46	56
94H-9	2×10	坡耕地	红豆	无	20	9.55		1.46	53
95H-5	2×10	坡耕地	小麦	香根草	90	5.47	9.02	1.29	68
95H-6	2×10	坡耕地	小麦	马桑	90	5.47	9.02	1.29	68
95H-7	2×10	坡耕地	小麦	黄荆	90	19.8	6.97	1.12	63
95H-71	2×10	坡耕地	小麦	黄荆	90	19.85	6.6	0.76	94
D-1	5×10	梯田	柑橘		90	21		0.62	51
D-2	5×10	梯田	小麦		60	17		0.91	22.5
D-4	5×10	坡耕地	小麦		60	23		0.58	63

由于试验研究目标不同,所以试验小区的面积和试验布设不一样,因而进行了 3 组不同的对比模拟降雨试验,在对这 3 组试验结果进行定量分析的基础上,又对紫色土陡坡地不同土地利用对水土流失过程的影响进行了定量的综合评价,得到了一些有规律性的结论,将为紫色土的坡地改良利用,库区农村移民安置和水土保持规划提供基本依据。

2 土地利用和降雨因素对 25 陡坡地水土流失过程的影响

2.1 新翻农耕地与荒坡地水土流失过程对比

1994 年曾经对 25 径流试验小区实施了不同降雨强度的模拟降雨试验,对小区的土地利用情况采取了不同处理(见表 1)。将在模拟降雨试验中实际测量得到的累积径流量与累积侵蚀产沙量随降雨历时变化的数据分别点绘于图 1 与图 2,从图 1 中可以清楚看到,25 陡坡地累积径流过程线特征主要受降雨强度的影响,虽然土地利用情况不一样,但在图中一般降雨与暴雨时的累积径流过程线位于不同的部位,暴雨时的累积径流量远大于一般降雨,在其它紫色砂岩地区也得到类似结果^[6]。当降雨条件类似时(一般降雨或暴雨),新翻农耕地与荒坡地在降

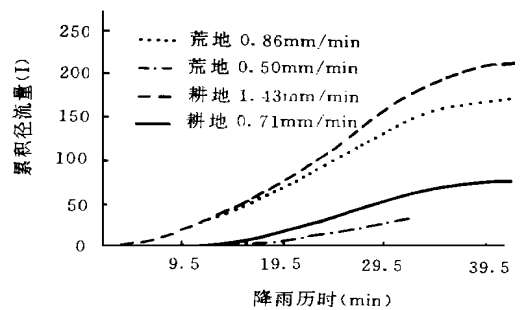


图 1 25 陡坡地累积径流过程线

(一般降雨或暴雨),新翻农耕地与荒坡地在降

雨之初(前 15 min)的累积降雨径流过程基本相似,初始产流时间和累积产流量均很接近(见表 2),其主要原因是在 25 坡地上,新翻耕地表土疏松,有利于水流入渗,荒坡地有杂草覆盖,也有相当的水流入渗率。当新翻耕地表土饱和后,其入渗率下降,反应在图 1 中,其累积径流量急剧增加。例如,当模拟降雨 30 min 时,降暴雨的新翻耕地的累积径流量比一般降雨的径流量多 2 倍,荒坡地上相差达 3 倍(表 2)。

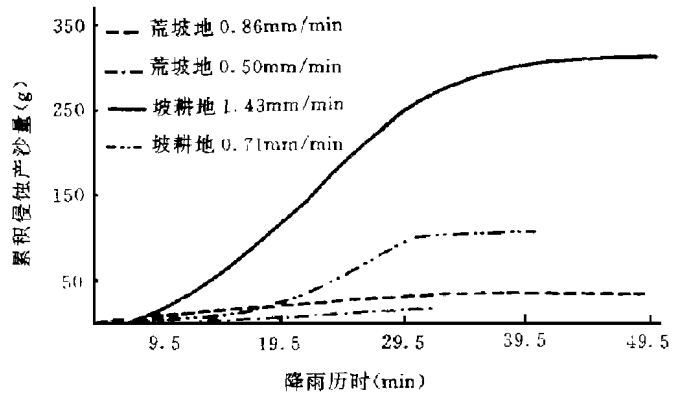


图 2 25 陡坡地累积侵蚀产沙过程线

表 2 土地利用和降雨历时对 25 陡坡地水土流失量的影响

试验 编号	初始产 流时间	15(min)			30(min)			40(min)		
		R	S	C	R	S	C	R	S	C
F25B	2.5	42.7	42.8	0.995	162	245.1	1.41	211	293.1	1.28
F25S	5	4.46	6.1	1.376	50.9	82.2	1.56	75.6	107.5	1.28
H25B	1.5	46.5	15.2	0.42	137.6	30.8	0.285	172.6	34.06	0.238
H25S	4.7	6.37	4.0	0.55	33.4	16.8	0.53	44.4	17.3	0.453

注: R —— 累积径流量(L); S —— 累积侵蚀产沙量(g); C —— 含沙量(kg/m³)。

在图 2 中的侵蚀产沙过程线揭示出,土地利用不同是主要影响因素。降雨强度虽然会在一定程度上影响侵蚀产沙量,但坡耕地与荒坡地的侵蚀产沙过程线明显位于图中的不同部位。其根本原因是降雨过程中土地利用不同对水流含沙量变化过程影响,荒坡地由于植被覆盖和杂草根系的作用,其地表抗蚀性较翻耕农地大得多,所以在降雨过程中其水流含沙量较小,而且雨强影响也不是很大,由图 3 可知,虽然雨强不同,水流含沙量有一定差异,但其绝对值比较小(表 2)。反应在图 2 中,无论是暴雨还是一般降雨时,侵蚀产沙量与降雨历时均呈很平缓的线性关系,两条直线较接近。其降雨强度相差约一倍,实际累积侵蚀产沙量在 30 min 降雨时分别是 30 g 和 16 g,在整个试验过程中分别是 34 g 与 17 g。从图 3 中清楚看到,由于新翻农耕地表土疏松,在降雨时水流含沙量较高,一般数倍于荒坡地,而且不管是暴雨还是一般降雨,水流含沙量在降雨过程中均经历了从小到大,又从大到小的变化过程,不同的仅是,在暴雨情况下水流达到峰值水流含沙量的速度要快的多,不同降雨时段的平均水流含沙量没有大的差异(表 2),所以影响图 2 中侵蚀产沙过程线有如此大差别的主要是累积径流量(图 1)。

2.2 植物活篱笆减水减沙效益

在 25 坡耕地上,分别种植香根草、马桑、黄荆、新银合欢(混种黄花菜)等植物篱后,虽然仅一年,就比正常进行坡耕地耕作的对照观测试验小区有明显的减水减沙效益,具体成果分析请参见“活篱笆的拦水拦沙效益及改变坡地纵断面的作用”一文。作者通过在大暴雨情况下的模拟降雨试验,测定了这 5 个试验小区的累积径流量和累积侵蚀产沙量随降雨历时的变化过

程,在此仅对依据实际试验数据拟合得到的不同活篱笆坡地与坡耕地累积径流量变化过程线和累积侵蚀产沙量变化过程线进行对比分析,表 3 中显示各个小区在模拟降雨时的实测资料所得到的拟合直线,与众多的研究成果类似^[7,8],累积径流量(R, L)与降雨历时(T, min)有很好的相关关系,决定系数达到 0.86 ~ 0.98。

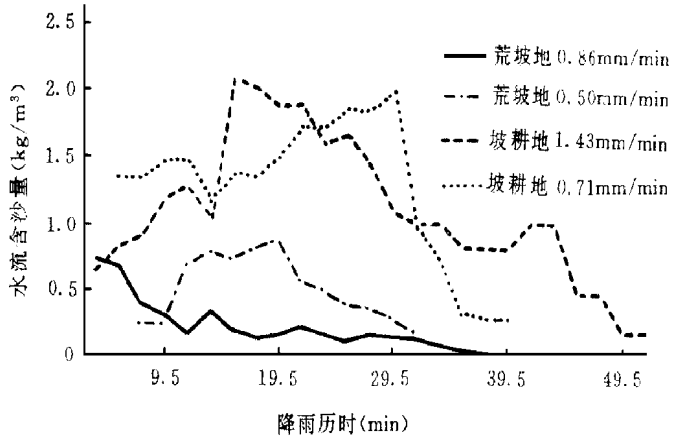


图 3 25 坡地水流含沙量变化过程

从表 3 中可以清楚看到,由于各个试验小区种植的活篱笆种类不同,而且成活率也有很大差异,例如,94H-6 号小区种植的马桑,由于成活率很低,还未能形成完整的条带,故未能很好发挥活篱笆带的作用,所拟合得到的累积径流过程线斜率与坡耕地对照小区(94H-9)基本相同。在表 3 中所得到的拟合直线的斜率实际表示平均单位时间累积径流量的增加率,由其它 3 种植物活篱笆小区观测资料所拟合得到的过程线,与对照小区(94H-9)相比,均有不同程度的减沙效益,其中以香根草为最好,黄荆次之。在模拟降雨试验过程中,单位时间径流量分别减少 22% ~ 43%。

表 3 活篱笆坡地与坡耕地累积径流量与侵蚀产沙量过程线拟合

试验编号	活篱笆	累积径流量过程线	确定系数	累积侵蚀产沙量过程线	确定系数	样本数
94H-5	香根草	$R = -21 + 13.7T$	0.96	$S = 37.7 + 3.2T$	0.98	14
94H-6	马桑	$R = -386 + 23.8T$	0.93	$S = -157.5 + 13.3T$	0.99	14
94H-7	黄荆	$R = -310.8 + 15.9T$	0.88	$S = -61.7 + 4.7T$	0.92	17
94H-8	银合欢	$R = -284.5 + 18.4T$	0.95	$S = -185.3 + 106.4T$	0.86	15
94H-9	坡耕地	$R = -261.5 + 23.9T$	0.98	$D = -25476 + 1886T$	0.63	17

注: R, S 与表 2 同; T —— 降雨历时(min)。

虽然植物活篱笆条带种植仅仅一年,由于正常农业翻耕和人为培土,已经形成了高 10 cm 左右的挡土埂,基本能阻隔携带泥沙的水流顺利通过,使大部分泥沙滞留于有植物篱形成的挡土埂内,其减沙效益已经十分明显。从表 3 中可以清楚看到,对 94H-9 小区所拟合到的累积侵蚀产沙量过程线的斜率要比有植物活篱笆带的小区大 18 ~ 570 倍,也即表明平均单位时间侵蚀产沙量减少 94% ~ 98%,其中以香根草和黄荆活篱笆条带的拦沙效益最好。以上试验结果揭示出植物活篱笆条带能够让大部分水流通过,而基本可以将泥沙拦截下来的特点和优势,所以在暴雨,特别是大暴雨时,更加显示出植物活篱笆的拦沙效益。

另一方面,也可以看到在大暴雨时,紫色土陡坡耕地的土壤侵蚀之严重,一场模拟降雨的侵蚀产沙模数达到 3600 t/km^2 ,接近于当地紫色土坡耕地的年平均侵蚀模数。其主要原因是大暴雨情况下,陡坡耕地上发生细沟侵蚀,模拟降雨仅 20min,就形成强烈的细沟侵蚀和细

沟水流的溯源侵蚀, 细沟系统得到较快发展, 浑浊的细沟水流携带大量泥沙下泄。16 左右的黄土坡耕地上在 15~20 cm 处才发育细沟侵蚀^[9,10], 以上试验结果说明除粗颗粒紫色土较黄土容易发生细沟侵蚀外, 陡坡耕地(大于 25°)和高强度降雨也是导致细沟侵蚀的重要原因。在模拟降雨试验时, 在植物活篱笆未能形成完整条带的马桑与新银合欢小区的局部也形成了小的细沟侵蚀, 这也是其侵蚀产沙稍大于香根草与黄荆条带小区的根本原因。试验结果进一步揭示, 在三峡库区紫色土坡耕地上(特别是陡坡耕地)通过种植植物活篱笆, 截短坡长, 减少土壤侵蚀的重要意义^[11]。

1994 年秋天红豆收割后, 将各种植物篱截茬, 并将割下的植物枝叶置于植物篱条带内, 通过翻耕和培土形成了高度 20 cm 左右的植物篱土埂。对 1995 年 4 月大雨强模拟降雨试验资料的分析计算拟合得到累积径流量与侵蚀产沙量过程线结果列于表 4, 与前一年秋天的试验结果相比(表 3), 相应拟合直线的斜率有不同程度减小, 说明植物活篱笆条带的减水减沙效益又有所增加。

表 4 1995 年春天植物活篱笆坡地累积径流量与侵蚀产沙量过程线拟合

试验编号	活篱笆	累积径流量过程线	确定系数	累积侵蚀产沙量过程线	确定系数	样本数
95H-5	香根草	$R = -47.4 + 3.8T$	0.90	$S = -33.8 + 2.6T$	0.90	16
95H-6	马桑	$R = -262.8 + 9.7T$	0.84	$S = -273.4 + 11.2T$	0.87	18
95H-7	黄荆	$R = 289.9 + 19T$	0.99	$S = -83.7 + 6.3T$	0.99	18

2.3 水平梯田与坡耕地的水土流失过程

对水田坝乡王家桥试验站的 5 个径流观测小区, 除进行天然降雨观测外(其成果另有论文发表), 两年来进行了数次模拟降雨试验。为了在秭归紫色土情况下, 定量对比水平梯田与坡耕地的水土流失过程差异, 现对其中 3 个试验小区的试验结果进行对比分析。由表 1 可以知道, 梯田-1(编号 D-1)正常种植柑橘, 梯田-2(D-2)与坡耕地(D-4)正常进行农业耕作, 当时是小麦间作玉米。将试验实测数据点绘于图 4 与图 5, 可以分别得到在模拟降雨试验过程中, 梯田与 25 陡坡耕地的实测累积径流量过程线和累积侵蚀产沙变化过程线。通过计算分析得到梯田比坡耕地平均单位时间径流量减少 62%~67%, 进行农业耕作的梯田(D-2)径流量较小; 而侵蚀产沙量减少达到 97.8%~99%, 柑橘梯田(D-1)的侵蚀产沙量更少。类似的梯田效益结论已经为众多的研究结果所证实。

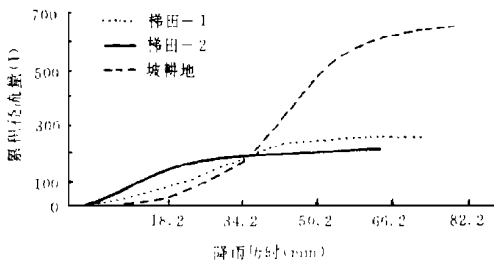


图 4 梯田与坡耕地累积径流量过程线

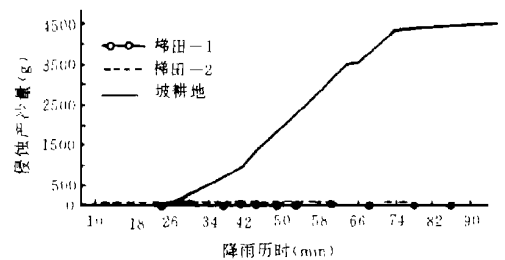


图 5 梯田与坡耕地累积侵蚀产沙过程线

3 对陡坡地不同坡长和土地利用的综合评价

所布设的 14 个试验观测小区面积不同(表),为了能对其进行相应比较,将试验测量得到的累积径流量(L)与侵蚀产沙量(g)数据分别换算成累积径流深(mm)和侵蚀产沙模数(t/km^2),消除因面积不同造成的差异,但是众所周知坡长也是影响坡面产流与侵蚀产沙的重要因素^[12]。降雨侵蚀力是导致水土流失发生发展的主要营力,大量研究说明,降雨强度是影响土壤侵蚀的重要气候因子之一^[13]。

现将一般降雨情况下,经过计算得到几种不同坡耕地的累积径流深变化过程线和累积侵蚀产沙模数变化过程线列于表 5。从表 5 中我们可以知道,试验 F25S 与 D-4 均为一般降雨试验结果,它们的累积径流深拟合过程线基本类似,拟合直线斜率相近;而累积侵蚀产沙模数有较大差异,其原因除地表作物状况不同外,坡长是重要因素,D-4 与 F25S 的坡长分别为 10 m 与 5 m,故它们的累积侵蚀模数过程线斜率相差 2.7 倍。而单位径流深的侵蚀产沙模数的差异更大,相差达到 3.4 倍。

表 5 坡耕地累积径流深过程线与侵蚀产沙模数过程线拟合

试验编号	土地利用	累积径流深过程	确定系数	累积侵蚀产沙模数过程	确定系数	侵蚀产沙与径流深关系	确定系数	样本数
F25S	翻耕	$R_h = -3.04 + 0.26T$	0.96	$S_m = -4.53 + 0.4T$	0.94	$S_m = 0.052 + 1.52R_h$	0.99	18
D-4	坡耕地	$R_h = -6.78 + 0.22T$	0.96	$S_m = -35.02 + 1.49T$	0.94	$S_m = 10.8 + 6.66R_h$	0.97	36
94H-9	坡耕地	$R_h = -13.07 + 1.19T$	0.98	$S_m = -1273 + 94.32T$	0.93	$S_m = -271 + 80.13R_h$	0.98	17

注: R_h —— 累积径流深(mm); S_m —— 累积侵蚀产沙模数(t/km^2); T —— 降雨历时(min)。

国内外研究结果表明,出现频率较小的大暴雨往往是导致严重水土流失的主要原因,美国密苏里州一个试验站的观测结果显示,一次降雨的土壤侵蚀量达到 5 年内侵蚀量之和的 50%,在非洲津巴布韦的马佐埃试验站的资料说明,一两次大暴雨的土壤侵蚀量可超过年侵蚀量的一半以上^[14]。对于约 10 年一遇的大暴雨,这种因坡长不同造成的径流深和侵蚀产沙模数差异会大大增加。在表 5 中,94H-9 与 F25B 的坡长也分别是 10 m 与 5 m,对比试验计算结果可以看到,它们的累积径流深拟合过程线斜率已经相差 1 倍多,所以侵蚀产沙模数过程线斜率相差达 120 多倍,单位径流深的侵蚀产沙作用相差 56 倍之多。所以在陡坡耕地上耕种,尤其是三峡库区经常见到的顺坡耕种方式,当坡长超过 10 m 时,其侵蚀产沙是十分严重的。集中降雨和大强度暴雨的影响也是三峡库区突出的降雨特征,以上模拟降雨试验结果表明,这也是库区严重水土流失的根本原因之一。这个模拟降雨试验结果也将为陡坡耕地上布设植物活篱笆条带的带间距设计提供重要依据,检验石坎梯田、植物活篱笆条带以及各种防治措施的有效性和效益,首先应考虑在大强度暴雨情况下的水、沙流失过程才有实际意义。

现将生长不足 2 年植物活篱笆条带与梯田在模拟降雨情况下测得资料,经过计算得到它们的累积侵蚀产沙模数变化过程线点绘于图 6。从图 6 中可以清楚看到,虽然栽种植物活篱笆条带的陡坡地的累积侵蚀产沙模数数值倍于梯田,但其实际数值并不大。由表 5 可知,即使是仅种植一年的 94H-5(香根草)与 94H-7(黄荆)试验小区,在雨强大于 1.39 mm/min 的大暴雨情况下其实际累积侵蚀产沙模数也仅为 $16 t/km^2$ 左右,是当地完全可以接受的允许土壤流失量。而且种植 2 年黄荆的试验小区 95H-7 在一般降雨情况下,与类似降雨的水平石坎梯田

D-1 和 D-2 的累积侵蚀产沙模数过程线已经很近似, 在模拟降雨初期, 其侵蚀产沙过程线与石坎梯田没有差异, 累积侵蚀产沙模数仅 6 t/km^2 左右。

累积侵蚀产沙模数与累积径流深一般有很好的线性关系, 将以上 5 次模拟降雨试验计算得到的结果列于表 6。可以看到, 由于陡坡地的影响, 在表 6 中, 这些线性关系的常数项值较大, 即它们的线性截距较大, 也就是说, 在植物活篱笆陡坡地上初始产流往往有较大的侵蚀产沙模数。但是它们的线性斜率没有很大差异, 表明单位径流深的侵蚀

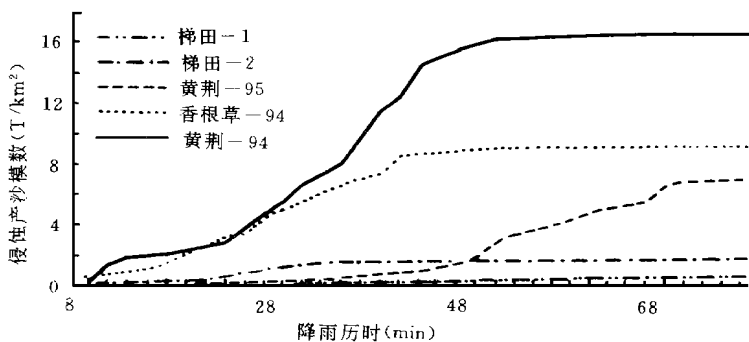


图 6 植物活篱笆与梯田的累积侵蚀产沙模数过程线

产沙模数基本类似。以上的试验结果说明, 与植物活篱笆条带的经济效益相比, 梯田当然有其很大的优势, 但它们的减沙效益并没有很大差异, 这也就是植物活篱笆的优越性所在, 其实际投入, 1 hm^2 地一般仅需要 1 500 ~ 3 000 元, 而目前三峡库区石坎梯田的造价一般均大于 1 000 元, 在大于 25° 陡坡地上修建石坎梯田的造价更要高于此数。

表 6 植物活篱笆与梯田的累积侵蚀产沙模数与径流深的关系

试验编号	土地利用	累积径流深过程	确定系数	累积侵蚀产沙模数过程	确定系数	侵蚀产沙与径流深关系	确定系数	样本数
94H-5	香根草篱笆	$R_h = -10.56 + 0.69T$	0.96	$S_m = -1.74 + 0.16T$	0.98	$S_m = 15.66 + 0.23R_h$	0.99	14
94H-7	黄荆篱笆	$R_h = -1554 + 0.79T$	0.88	$S_m = -3.09 + 0.24T$	0.92	$S_m = 1.64 + 0.29R_h$	0.98	17
D-1	柑桔梯田	$R_h = -1.57 + 0.096T$	0.97	$S_m = 0.16 + 0.013T$	0.99	$S_m = 0.056 + 0.13R_h$	0.98	30
D-2	农耕梯田	$R_h = -0.95 + 0.087T$	0.94	$S_m = -0.33 + 0.042T$	0.84	$S_m = 0.08 + 0.49R_h$	0.97	26
95H-7	黄荆篱笆	$R_h = -14.5 + 0.95T$	0.99	$S_m = -4.19 + 0.31T$	0.99	$S_m = 0.63 + 0.33R_h$	0.99	18

注: 符号含义同表 5。

4 结 论

(1) 暴雨和坡长是导致紫色土陡坡地水土流失的重要因素, 高强度降雨在 10 m 坡长坡耕地上会引起强烈的细沟侵蚀, 一次降雨的侵蚀产沙模数相当于平均年度侵蚀产沙量。

(2) 在暴雨情况下, 25° 陡坡耕地上, 一年生植物活篱笆可以使径流量减少 22% ~ 43%, 侵蚀产沙量减少达到 94% ~ 98%。

(3) 石坎水平梯田比陡坡耕地的径流量减少 62% ~ 67%, 侵蚀产沙量减少达到 97.8% ~ 99%。

(4) 植物活篱笆可以很大的减少陡坡地土壤流失, 其投资仅是石坎水平梯田的 10% ~ 20%, 是三峡库区改造陡坡地的有效方法。

(下转第 35 页)

表3 回收率及精密度试验

元素	体系中各元素 含量($\mu\text{g}/25\text{ml}$)	加入标准量 (μg)	回 收 量 (μg)					平均回收率 (%)	精 度
Cu	0.34	0.2	0.208	0.197	0.197	0.195	0.194	99	标准偏差 0.0056 变异系数 2.8%
Zn	0.37	0.2	0.211	0.210	0.191	0.193	0.206	101	标准偏差 0.0095 变异系数 4.7%
Mn	0.49	0.4	0.398	0.396	0.413	0.413	0.410	102	标准偏差 0.0083 变异系数 2.1%
Fe	5.7	5.0	4.84; 4.81; 4.83; 4.84; 4.80					96	标准偏差 0.0182 变异系数 3.7%

(1) 该法采用浓缩水样来提高单位体积中的待测元素的含量,并加入二氯化钙作为释放剂来消除硅的干扰。

(2) 试验结果表明:回收率和精密度都比较满意。

(3) 该方法适用于大批量样品的快速分析测定。

参 考 文 献

- 1 美国公共卫生协会等编著,宋仁元等译.水和废水标准检验法第15版.北京:中国建筑工业出版社,1985.
- 2 U. S. EPA. Methods for chemical analysis of water and wastes, EPA-00014-79-20. SEARCH, 1979.

(上接第8页)

参 考 文 献

- 1 黄秉维.三峡淹没区农业人口安置问题的几点意见.地理研究,1993,12(1)
- 2 黄秉维.再论华南坡地利用与改良.地理研究,1989,8(4)
- 3 中国科学院成都分院土壤研究室.中国紫色土(上篇).PURPLE SOIL IN CHINA(1).北京:科学出版社,1991
- 4 湖北省秭归县地方志编纂委员会编.秭归县志.北京:中国大百科全书出版社,1991
- 5 蔡强国,陆兆熊,曾伯庆等.径流和侵蚀产沙过程试验小区观测与模拟试验.见:土壤侵蚀管理与地理信息系统应用研究.北京:科学出版社,1992.233~241
- 6 万少文.南雄县紫色砂页岩水土流失区综合治理效益分析.水土保持通报,1991,11(6):24~29
- 7 蔡强国,陆兆熊.坡耕地表土结皮对降雨径流和侵蚀产沙过程的影响.见:中国-加拿大.晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集.北京:水力电力出版社,1990,4~57
- 8 Moly M. Erosion and environment Environmental Sciences and Applications volume 9. Oxford: Perfaman Press, 1981.
- 9 蔡强国,马绍嘉,吴淑安等.黄土坡耕地上坡长对径流侵蚀产沙过程的影响.永定河上游张家口市土壤侵蚀与坡地改良利用.北京:环境科学出版社,1995.
- 10 Cai Qiangguo, Shiu-hung Luk. Soil loss influenced by slope length in the hilly loess region, China. International Journal of Sediment Research, 1995, 10(4)
- 11 Lal R(ed.). Soil erosion research methods. The Soil Erosion and Water Conservation Society. 1988.
- 12 陈永宗,景可,蔡强国.黄土高原现代侵蚀与治理.北京:科学出版社,1988.
- 13 Lalv R. Erodibility and erosivity. In R. Lal(ed). Soil Erosion Research Methods., 1988. 141~162
- 14 Hudson N W. Soil conservation, London. Batsford: 1981.