

福建省长汀县不同土地利用方式下的坡地侵蚀特征

汪水前

(福建省水土保持监测站,福州 350001)

摘要: 根据福建省长汀县径流小区 2014—2018 年的实测资料,对不同土地利用方式下的坡地侵蚀特征进行研究,分析各径流小区土壤流失量、径流量与降雨、水土保持措施、植被等因子的关系。结果表明:不同土地利用方式、不同水土保持措施的径流小区土壤流失量、径流量特征不同;年降雨量对各径流小区的年土壤流失量影响不显著,不同水土保持措施对径流小区的年土壤流失量影响显著;年降雨量和不同水土保持措施对各径流小区的年径流量影响均为显著;年土壤流失量和年径流量与年降雨量的相关系数均与水土保持措施及径流小区植物的种类和生长有关;各径流小区的年土壤流失量与年径流量均呈正相关,即年径流量越大,年土壤流失量越大。研究结果为长汀县水土流失治理提供参考。

关键词: 长汀县;土地利用方式;坡地侵蚀;水土保持

中图分类号: S157.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2020)06-084-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2020.06.013

Study on the Slope Erosion Characteristics of Various Land Uses in Changting County of Fujian Province

WANG Shuiqian

(Soil and Water Conservation Monitoring Station of Fujian Province, Fuzhou 350001)

Abstract: Base on the measured data from 2014 to 2018 on runoff plots in Changting County of Fujian Province, the slope erosion characteristics of various land uses were studied. How the loss of soil and runoff were influenced by rainfall, soil and water conservation measures and vegetation was analysed, and the results showed that characteristics of the loss of soil and runoff are different on runoff plots of various land uses and with various soil and water conservation measures. The effect of annual rainfall on the annual loss of soil of runoff plots was not significant, whereas the effect of various soil and water conservation measures significant. Both the effect of annual rainfall and various soil and water conservation measures on the annual runoff of runoff plots were significant. The correlation coefficients between the annual loss of soil and the annual rainfall, the annual runoff and the annual rainfall were both related to the soil and water conservation measures and the species and growth of the plants in the runoff plots. There was a positive correlation between the annual loss of soil and annual runoff, which means the annual loss of soil increases with the annual runoff. This study can serve as a reference for water and soil loss control in Changting County.

Keywords: Changting County; land uses; slope erosion; soil and water conservation

福建省长汀县是我国南方红壤区水土流失最为严重的地区之一^[1],其水土流失历史之长、面积之广、危害之大,居福建之首^[2-3]。多年来,很多专家学者^[4-6]在该地区开展了水土流失治理研究。长期严重的水土流失造成地区生态环境脆弱、耕地面积减少、土壤肥力下降等,水土流失治理刻不容缓^[7-9]。大量研究^[10-13]表明,植物措施是防治水土流失、改变生态环境最重要、最经济的根本性措施。目前对水土流失的植被恢复研究^[14-15]较多。而土地利用方式集中反映了人类活动对坡地侵蚀的影响,是影响坡面水文与

土壤侵蚀最敏感的因素^[16-17]。本研究根据长汀县水土保持科教园径流小区的实测资料,对不同土地利用方式下的坡地侵蚀特征进行研究,分析各径流小区土壤流失量、径流量与降雨、水土保持措施、植被等因子的关系,为长汀县水土流失治理提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于福建省长汀县河田镇,北纬 25°35′—26°46′,东经 116°16′—116°30′。长汀县位于福建省西部闽、粤、赣 3 省交界处,龙岩市境内,南邻广东,西

接江西,福建的边远山区。土地面积约 3 099 km²。地处中亚热带季风气候区,气候温和湿润,平均气温 18.3 ℃,多年平均降水量为 1 685.6 mm。降雨主要集中在 4—6 月,约占全年降水量的 52%,7,8 月多为午后短暂的暴雨。低山丘陵地貌,土壤以花岗岩风化发育而成的红壤为主,结构疏松,含砂量大,抗蚀能力差,生态环境极其脆弱,曾经是典型的强度水土流失区。进入 21 世纪以来,长汀县水土流失治理列入省政府为民办实事项目,长汀县掀起了新一轮水土流失

治理高潮。通过坚持不懈的综合施策,系统治理,长汀县水土流失取得显著的成效,成为中国水土流失治理的品牌、南方治理的一面旗帜。

1.2 试验方法

径流观测场内布设 12 个坡面径流小区,长 20 m,宽 5 m,坡度 15°。土地利用方式有未利用地、草地、农地、果园、林地,采取不同的水土保持措施^[18],径流小区基本情况见表 1(植被覆盖度为 2018 年 8 月观测结果)。

表 1 径流小区基本情况

小区号	土地利用方式	工程措施	生物措施	耕作措施	植物种类	植被覆盖度/%	植被覆盖度全年变化情况/%	备注
1	未利用地	无	无	无	无	3	0~3	空白对照,无耕作,人工锄头除草,控制杂草生长
2	未利用地	无	无	无	无	2	0~2	空白对照,每年 3 月用锄头松耕 20 cm,人工锄头除草,控制杂草生长
3	草地	无	人工种草	无	百喜草	88	73~88	2006 年播种,第 1 年 8 月高度达 70 cm,盖度 75%,2014—2018 年每年 8 月观测平均高度均达 80 cm,植被盖度 83% 以上
4	农地	无	农作物	等高沟垄种植	地瓜	60	20~60	每年 5 月播种,9 月收获。坑宽 80 cm,坑高 30 cm,沟宽 20 cm
5	果园	水平阶	经果林	无	杨梅、芒果、狗牙根	75	55~75	宽 100 cm,无田埂,2003 年种植杨梅,至 2018 年平均树高 368 cm,林下植被平均高度 25 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 70% 以上
6	林地	无	封山育乔木林	无	马尾松、芒果	90	66~90	2002 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 665 cm,林下植被平均高度 14.8 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 80% 以上
7	林地	无	人工混交林	无	马尾松、胡枝子和宽叶雀稗、芒果	90	65~90	2002 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 669 cm,林下植被平均高度 15.2 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 80% 以上
8	林地	无	人工混交林	无	马尾松、枫香、木荷、胡枝子、五节芒、渐尖毛蕨	93	69~93	2004 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 672 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 80% 以上
9	林地	无	人工乔木林	无	马尾松	8	0~8	2003 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 746 cm,植被盖度 0~8%,及时清除林下杂草
10	林地	无	人工混交林	无	马尾松、任豆、宽叶雀稗	80	58~80	2003 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 780 cm,林下植被平均高度 24.5 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 70% 以上
11	林地	无	人工混交林	无	枫香、木荷、马尾松、宽叶雀稗	87	69~87	2003 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 758 cm,林下植被平均高度 29 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 75% 以上
12	林地	无	人工乔木林	无	马尾松、茅草、五节芒	80	61~80	2004 年种植马尾松,至 2018 年平均树高 663 cm,林下植被平均高度 38 cm,2014—2018 年每年 8 月观测植被盖度 70% 以上

采用 wjf-2 型系列水位雨量仪观测降雨量。径流量根据径流池水量求出。径流泥沙用径流池收集,设 1 个分流池,5 孔分流。池的大小均为长 2 m,宽 1 m,高 1 m。含沙量采用搅拌采样,过滤、烘干、称重来测定。采样瓶 550 mL,每次采样 3 个重复。用测高器、围径尺和卷尺分别测定植物的高度、胸径和冠幅。通过目估法测定郁闭度、盖度等。

1.3 数据分析

采用 Excel 软件进行数据统计整理和作图分析。采用 SPSS 19.0 统计分析软件对土壤流失量、径流量的相关参数进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 降雨特征

由图 1 可知,2014—2018 年研究区年降雨量大小为 2014 年 < 2017 年 < 2018 年 < 2015 年 < 2016

年,各年内降雨量分配不均。年最大日降雨量、最大次降雨量见表 2。根据 2014—2018 年各径流小区年径流量情况(表 3),12 个径流小区中,1,2 号径流小区为未利用地,平均年径流量较大;4,9 号径流小区居中,4 号小区为农地,9 号小区为马尾松纯林;7,11 号径流小区为人工混交林,平均年径流量较小。各小区产流次数、最大最小产流降雨量情况见表 3。

2.2 土壤流失量特征

根据 2014—2018 年 5 年 12 个径流小区的年土壤流失量的观测数据,不同土地利用方式、不同水土保持措施的径流小区土壤流失量特征不同。各径流小区年土壤流失量见表 4。

对年降雨量、水土保持措施对各径流小区年土壤流失量的影响进行双因素方差分析(表 5),结果表明,在显著水平 $\alpha=0.05$ 上,年降雨量对各径流小区的年

土壤流失量影响不显著($F1=1.97 < F_{0.05}(4,44)=2.58$), 不同的水土保持措施对径流小区的年土壤流失量影响显著($F2=18.13 > F_{0.05}(4,44)=2.01$)。年土壤流失量与年降雨量相关系数见表 6。

表 2 年最大日降雨量、最大次降雨量

年份	最大日降雨量/mm	最大次降雨量/mm
2014	58.5	58.0
2015	53.5	79.0
2016	90.5	130.5
2017	81.9	105.3
2018	77.8	85.2

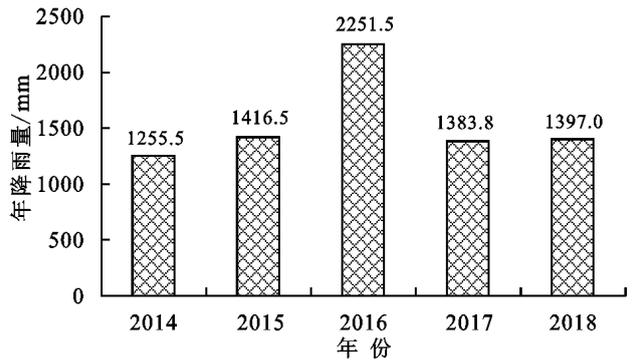


图 1 2014—2018 年研究区年降雨量

表 3 产流次数、产流降雨量

小区号	2014 年			2015 年			2016 年			2017 年			2018 年		
	产流次数/次	最大产流降雨量/mm	最小产流降雨量/mm												
1	36	55.0	14	56	79.0	13.0	65	117.5	9	29	75.0	16.5	61	85.2	6.8
2	36	55.0	14	56	79.0	13.0	65	117.5	9	29	75.0	16.5	61	85.2	5.2
4	34	55.0	14	52	46.5	0.7	60	130.5	9	28	71.2	16.2	49	14.0	12.4
9	35	37.5	14	53	46.5	13.0	61	117.5	8	29	71.2	16.2	49	78.6	6.0
7	31	30.5	19	41	25.5	10.5	44	117.5	7	16	31.7	13.9	6	38.2	32.4
11	30	32.5	19	46	46.5	10.5	43	130.5	7	21	45.6	13.9	20	47.8	8.2

表 4 各径流小区年土壤流失量

单位: t/hm²

年份	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号	10 号	11 号	12 号
2014	30.97	84.88	0.47	5.44	1.60	2.80	5.13	3.88	7.15	4.17	1.12	2.58
2015	43.34	117.42	0.76	12.68	0.68	0.90	0.78	0.70	5.63	0.99	0.64	0.84
2016	113.45	242.19	0.96	6.47	0.57	0.65	0.44	0.50	9.23	0.62	0.34	0.57
2017	21.90	85.04	0.32	1.86	0.20	0.23	0.11	0.13	2.54	0.23	0.13	0.20
2018	93.33	197.42	2.70	7.64	0.19	0.27	0.09	0.04	2.47	0.71	0.13	0.23
平均	60.60	145.39	1.04	6.82	0.65	0.97	1.31	1.05	5.40	1.34	0.47	0.88

表 5 方差分析

变差来源	SS	df	MS	F	F crit
年降雨量	4080.45	4	1020.11	1.97	2.58
水土保持措施	103202.20	11	9382.02	18.13	2.01
剩余	22770.12	44	517.50		
总计	130052.77	59			

1,2 号径流小区为未利用地,无植物措施,年土壤流失量大。2 号径流小区每年松耕,故土层较松,在 12 个径流小区中平均年土壤流失量最大,达 145.39 t/hm²。4 号径流小区为农地,农作物种植地瓜,因农地工程措施为整畦,仅畦面覆盖,覆盖度为 60%,所以年土壤流失量较大。9 号径流小区为马尾松乔木纯林,无灌草覆盖,植被盖度仅为 8%,年土壤流失量也较大。其余果园和林地径流小区均为灌草、乔草或乔灌草混交种植,草地径流小区为播草种植,至 2018 年植被盖度均在 75% 以上。由于植被及相应工程措施对降水的拦截,年土壤流失量不大。可见,有无植物措施、灌草覆盖以及不同的工程措施造成的年土壤流失量差异较明显,对年土壤流失量影响显著。

12 个径流小区中除 1,2 号径流小区为空白对照,无植物措施,9 号径流小区为马尾松乔木纯林,无灌草覆盖,其余径流小区均为乔灌草植物或农作物种植。因径流小区被灌草覆盖,且植被盖度较大,造成不同的年降雨量在同一个径流小区形成的年土壤流失量差异不大,所以不同年份降雨量对其中多数径流小区的年土壤流失量影响不显著。

从年土壤流失量与年降雨量的相关系数可以看出,1,2,9 号径流小区年土壤流失量与年降雨量呈较大的正相关。1,2 号径流小区地表受雨水直接冲刷,9 号径流小区虽然种植马尾松,但地表无灌草覆盖,雨水掉落也较直接冲刷地表,所以年土壤流失量随年降雨量的增大而增大,呈比较明显的规律性。其余径流小区年土壤流失量与年降雨量相关性较小或呈负相关,这种不规律性与径流小区植物的种类和生长有关系。径流小区内的植物随着时间生长,植被盖度也发生改变,所以年土壤流失量呈不规律性。

2.3 径流量特征分析

2014—2018 年 12 个径流小区不同土地利用方

式、不同水土保持措施形成的径流量特征不同。各径流小区年径流量见表 7。1,2 号径流小区年径流量大,1 号径流小区在 12 个径流小区中平均年径流量

最大,为 64.13 m^3 。3,4,9 号径流小区平均年径流量也较大,在 $11 \sim 19 \text{ m}^3$,其余径流小区平均年径流量均小于 5 m^3 。

表 6 相关系数

指标	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号
年土壤流失量与年降雨量相关系数	0.76	0.80	0.01	0.01	-0.21	-0.30	-0.37	-0.34	0.65	-0.39	-0.29	-0.31
年径流量与年降雨量相关系数	0.92	0.97	0.97	0.72	0.31	0.27	-0.28	0.05	0.96	0.08	-0.15	0.14

表 7 各径流小区年径流量

年份	单位: m^3											
	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号
2014	40.30	27.47	9.37	9.20	6.08	7.74	8.61	8.06	14.78	7.04	3.94	6.96
2015	68.85	46.47	8.65	19.81	2.97	6.04	1.94	3.00	16.57	4.54	2.61	4.08
2016	104.34	84.05	25.21	22.68	5.00	6.60	1.71	4.35	43.22	4.83	1.85	5.09
2017	43.33	35.16	7.19	4.27	1.31	1.46	0.40	0.86	9.95	1.45	0.69	1.14
2018	63.81	47.17	9.36	9.94	0.51	1.33	0.23	0.14	11.37	2.56	0.65	1.25
平均	64.13	48.06	11.96	13.18	3.17	4.63	2.58	3.28	19.18	4.08	1.95	3.65

对年降雨量、水土保持措施对各径流小区年径流量的影响进行双因素方差分析(表 8),结果表明,在显著水平 $\alpha=0.05$ 上,年降雨量和不同的水土保持措施对各径流小区的年径流量影响均为显著($F_1=5.52 > F_{0.05}(4,44)=2.58$; $F_2=22.73 > F_{0.05}(4,44)=2.01$)。年径流量与年降雨量相关系数见表 6。

表 8 方差分析

变差来源	SS	df	MS	F	F crit
年径流量	1983.99	4	496.00	5.52	2.58
水土保持措施	22469.89	11	2042.72	22.73	2.01
剩余	3955.09	44	89.89		
总计	28408.97	59			

12 个径流小区中 10 个小区年径流量与年降雨量呈正相关,年径流量随年降雨量的增大而增大。其中 1,2,3,9 号径流小区相关系数较大,均在 0.90 以上。4 号径流小区相关系数也较大(0.72)。1,2 号径流小区为无植物措施空白对照小区,雨水直接冲刷,径流量主要受降雨的影响。3,4 号径流小区分别为草地和农地,虽然植被盖度不低,但其径流量可能与草和农作物的种植密度有关。如果密度不大,则径流量受降雨的影响较大。9 号径流小区为马尾松纯林,地表无灌草覆盖,所以雨水掉落冲刷地表,径流量受降雨的影响也较大。年降雨量和不同的水土保持措施对各径流小区的年径流量均有显著影响。而 7,11 号径流小区年径流量与年降雨量呈负相关可能也是与径流小区植物的种类和生长有关系。

2.4 年土壤流失量与年径流量的关系

2014—2018 年,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 号个径流小区的年土壤流失量与年径流量对应的相

关系数分别为 0.85,0.89,0.02,0.68,0.86,0.75,0.99,0.91,0.83,0.83,0.99,0.87,各径流小区的年土壤流失量与年径流量均呈正相关关系,即年径流量越大,年土壤流失量越大。

空白对照的 2 个径流小区(1,2 号),2 号径流小区(每年松耕)的平均年土壤流失量明显较大(145.39 t/hm^2),比 1 号径流小区(60.60 t/hm^2)大 139.93%,但 2 号径流小区平均年径流量(48.06 m^3)却比 1 号径流小区(64.13 m^3)小 25.05%。这主要是因为 1 号径流小区无松耕,土壤较紧实,土壤入渗率较低,而 2 号径流小区每年松耕,土层较松,土壤入渗率较高,所以 2 号径流小区年土壤流失量比 1 号径流小区大,年径流量比 1 号径流小区小。

3 结论

通过对福建省长汀县 2014—2018 年水土保持科教园 12 个径流小区的土壤流失量和径流量的观测数据分析,不同土地利用方式、不同水土保持措施的径流小区土壤流失量、径流量特征不同。年降雨量对各径流小区的年土壤流失量影响不显著,不同的水土保持措施对径流小区的年土壤流失量影响显著。年降雨量和不同的水土保持措施对各径流小区的年径流量影响均为显著。年土壤流失量与年降雨量的相关系数、年径流量与年降雨量的相关系数均与水土保持措施及径流小区植物的种类和生长有关系。各径流小区的年土壤流失量与年径流量均呈正相关关系,即年径流量越大,年土壤流失量越大。

长汀县水土保持科教园 12 个径流小区中,未利用地由于没有植被覆盖和坡地工程拦蓄,年土壤流失

量与年径流量均较大,有灌草覆盖的果园、林地的年土壤流失量与年径流量均较小。说明植物措施和工程措施对防治水土流失的重要性。乔灌草混交的水土流失防治效果良好,可以形成稳定的生态环境,多层次拦截降水,有效防止土壤溅蚀,分散、阻缓径流,达到最佳的水土保持效果。有关植物种类的配置和工程措施,针对不同的地类采用合理的植物配置和工程措施有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 兰思仁,戴永务.生态文明时代长汀水土流失治理的战略思考[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2013,16(2):1-4.
- [2] 翁伯琦,徐晓俞,罗旭辉,等.福建省长汀县水土流失治理模式对绿色农业发展的启示[J].山地学报,2014,32(2):141-149.
- [3] 王库,史学正,于东升,等.基于景观格局分析的兴国县土壤侵蚀演变研究[J].水土保持学报,2003,17(4):94-97.
- [4] 姚雄,余坤勇,刘健,等.南方水土流失严重区的生态脆弱性时空演变[J].应用生态学报,2016,27(3):735-745.
- [5] 徐涵秋.南方典型红壤水土流失区地表裸土动态变化分析:以福建省长汀县为例[J].地理科学,2013,33(4):489-496.
- [6] 朱鹤健,陈志彪,林惠花,等.长汀水土保持研究[M].北京:科学出版社,2013.
- [7] Jiao F, Wen Z M, An S S.Changes in soil properties across a chronosequence of vegetation restoration on the Loess Plateau of China[J].Catena,2011,86:110-116.
- [8] 贾燕锋,吴猛,刘明波,等.长白山地丘陵区解冻期农耕地土壤侵蚀特征量化分析[J].水土保持学报,2019,33(5):15-20.
- [9] 路炳军,王志强.北京西部山区径流小区产流产沙和土壤养分流失特征[J].中国水土保持科学,2015,13(6):33-39.
- [10] Wang Z Q, LIU B Y, Zhang Y. Soil moisture of different vegetation types on the Loess Plateau[J].Journal of Geographical Sciences,2009,19:707-718.
- [11] 刘一霖,温娅檬,李巧玉.川西高山峡谷区 6 种森林枯落物的持水与失水特性[J].水土保持学报,2019,33(5):151-162.
- [12] 刘洁,李贤伟,纪中华,等.元谋干热河谷三种植被恢复模式土壤贮水及入渗特性[J].生态学报,2011,31(8):2331-2340.
- [13] 闫丽娟,王海燕,李广.黄土丘陵区 4 种典型植被对土壤养分及酶活性的影响[J].水土保持学报,2019,33(5):190-196.
- [14] 侯晓龙,刘明新,蔡丽平,等.安溪崩岗侵蚀区不同植被配置模式与恢复效果研究[J].亚热带水土保持,2010,22(1):5-10.
- [15] 李品荣,孟广涛,方向京.滇东南石漠化山地不同植被恢复模式下土壤地力变化和水土流失状况研究[J].水土保持学报,2008,22(6):35-39.
- [16] 阮伏水,朱鹤健.福建省花岗岩地区土壤侵蚀与治理[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [17] 杜轶,郭青霞,郭汉清.汾河上游不同土地利用方式对坡地水土流失的影响[J].水土保持学报,2019,33(4):44-51.
- [18] 刘宝元,刘瑛娜,张科利,等.中国水土保持措施分类[J].水土保持学报,2013,27(2):80-84.
- [19] 常译方,毕华兴,许华森,等.晋西黄土区不同密度刺槐林对土壤水分的影响[J].水土保持学报,2015,29(6):227-232.
- [20] 赵陟峰,郭建斌,赵廷宁,等.土桥沟流域不同林分枯落物的水文特性[J].西北林学院学报,2008,23(6):14-17.
- [21] 武鹏艳,张玉珍.3 种人工林枯落物持水性能及土壤水文效应的研究[J].西南农业学报,2016,29(12):2930-2934.
- [22] 白英辰,朱江,程小琴,等.密度调控对华北落叶松人工林枯落物水文特征的影响[J].水土保持学报,2016,30(6):128-133.
- [23] 庞梦丽,孙明阳,王明远,等.河北太行山典型水土保持经济林枯落物持水特性[J].水土保持研究,2017,24(6):200-204.
- [24] 韩路,王海珍,吕瑞恒,等.塔里木河上游不同森林类型枯落物的持水特性[J].水土保持学报,2014,28(1):96-101.
- [25] 罗佳,田育新,周小玲,等.湘西北小流域不同植被类型枯落物层持水特性研究[J].湖南林业科技,2018,45(5):1-6.
- [26] 陈莉莉,王得祥,张宋智,等.不同密度油松人工林土壤特性及水源涵养功能研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(7):141-149.

(上接第 83 页)