

湘中丘陵区紫色土坡耕地水土保持措施效益的试验研究

周洋¹, 姜敏¹, 李梦雨¹, 王军光¹, 胡玉法², 蒲勇平², 刘涌³

(1. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; 2. 水利部长江水利委员会, 武汉 430015; 3. 衡南县水土保持局, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 以衡南县为试验区, 设置同一坡度和同一农业种植方式的径流小区, 进行了不同水土保持措施的控制试验, 通过对全年无遗漏降雨场次的径流及泥沙观测, 研究了坡耕地土壤侵蚀模数和水土保持措施的水土流失控制效益。结果表明: (1) 2016 年全年产流降雨 19 场, 降雨量 1 145 mm, 属于正常降雨年; (2) 没有任何防护措施的裸坡地土壤侵蚀模数 4 450.57 t/(km² · a), 达到了中度侵蚀; (3) 农耕地与裸坡地相比均具有保土保水效果, 但是不同水土保持措施对减少地表径流、降低产沙量有显著差异, 保水效果(地表径流量年减少比例)从大到小依次为石坎梯田(85.07%)>坡式梯田(81.50%)>土坎梯田(64.57%)>植物篱(57.96%)>顺坡耕作(37.49%); 保土效果(产沙量年减少比例)依次为石坎梯田(98.74%)>坡式梯田(98.66%)>土坎梯田(97.39%)>植物篱(86.16%)>顺坡耕作(61.98%), 石坎梯田和坡式梯田始终可以发挥较好的保土保水作用。准确观测了土壤侵蚀背景值, 定量评价了坡耕地主要水土保持措施效益。

关键词: 紫色砂页岩; 坡耕地侵蚀模数; 径流量; 产沙量; 治理措施效益

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)06-0134-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.06.023

Experimental Study on Benefits of Soil and Water Conservation Measures on Purple Sloping Farmland of the Hilly Area in Central Hunan

ZHOU Yang¹, JIANG Min¹, LI Mengyu¹, WANG Junguang¹, HU Yufa², PU Yongping², LIU Yong³

(1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

2. Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Wuhan 430015;

3. Hengnan County Soil and Water Conservation Bureau, Hengyang, Hunan 421001)

Abstract: Selecting Hengnan County as the experimental area, runoff plots with the same slope and the same cropping pattern were set up, and the control experiments of different soil and water conservation measures were carried out. We studied the soil erosion modulus of sloping farmland and the benefits of soil and water conservation measures through observing and analyzing the annual rainfall runoff and sediment. The results showed that: (1) In 2016, 19 rainfalls with runoff were observed, and the rainfall was 1 145 mm, which was belonged to normal rainfall year; (2) The soil erosion modulus of bare slope without any protective measures was 4 450.57 t/(km² · a), reaching moderate erosion; (3) Compared with the bare slope, farmland had the effect of soil and water conservation, and different measures had significant difference in reducing runoff and sediment yield. Water conservation effect (decrease ratio of annual surface runoff) from large to small listed in the order of stone dike terraces (85.07%)>slope terraces (81.50%)>earth dike terraces (64.57%)>hedgerow (57.96%)>slope farming (37.49%). Soil conservation effect (decrease ratio of annual sediment yield) followed the order of stone dike terrace (98.74%)>slope terrace (98.66%)>earth dike terrace (97.39%)>hedgerow (86.16%)>slope farming (61.98%). Stone dike terrace and slope terrace showed better effect in soil and water conservation. In this study, the background value of soil erosion was observed accurately, and the benefits of the main soil and water conservation measures were evaluated quantitatively.

Keywords: purple sand shale; slope farmland erosion modulus; runoff; sediment yield; benefits of control measures

紫色砂页岩易风化崩解,抗蚀性极弱,因其富含矿质养分,农业开发利用强度大,水土流失强烈^[1]。坡耕地是该区域水土流失的重要侵蚀源地,也是广大山丘区农民赖以生存和发展的农业用地。坡耕地侵蚀降低土地生产力,危及生态安全和防洪安全。湖南省共有 13 126.8 km² 紫色土,占国土总面积的 7.86%,主要分布在湘中丘陵区,大部分开垦为坡耕地。衡南县是紫色土代表性分布区,全县水土流失面积达 1 158 km², 占全县总面积的 43%,绝大部分属紫色土,坡耕地治理任务重^[2]。近年来,国家发展改革委、水利部联合编制《全国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项建设方案》,并进行了广泛的实施^[3]。但实施效益如何,引起了业界的关注。由于缺少科学的观测,人们在对措施实施效果评价时都不尽合理,有些研究是根据有关土壤侵蚀估算标准,有些研究利用次降雨量推算。而完整的全年降雨场次数据观测很少见报道,难于实施科学有效的监测,无法对紫色土坡耕地水土流失治理措施的效果进行有效评价^[4-6]。

本文以南方丘陵区紫色土分布较广的衡南县为代表,通过径流小区控制试验,开展了坡地土壤侵蚀模数的观测,比较分析坡耕地常用的几种水土保持措施的水土保持效果,可为南方紫色砂页岩丘陵区坡耕地治理的效果评价提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

衡南县位于东经 112°6′—113°8′,北纬 26°35′—26°58′。属丘陵地区,岩石多为紫色粉砂岩夹泥岩和

页岩,易碎易风化,地表残破。境内冷暖气流交汇频繁,降水充沛,极易引发土壤侵蚀。由于地形起伏不大,以低山、丘陵和平原为主,海拔 80~150 m。土层较薄,一般只有 30—50 cm,磷、钾等营养元素含量较丰富,土壤偏碱性,pH 7.5~8.0,在南方紫色土丘陵区具有代表性^[7-8]。

衡南县属亚热带季风气候,具有热量充足,雨水集中,夏秋多旱,年降雨量 1 268.8 mm 左右,最大年降水量可达 1 621.2 mm,最小年降水量为 992.2 mm,春夏两季的降水量占全年的 70%以上,5—7 月份的暴雨天数约为全年的 60%左右。年平均相对湿度为 79.6%,紫色土面积为 620 km²,占低山丘陵面积的 48%^[9]。

1.2 小区布置与管理

综合考虑小区布设要求并结合当地的交通情况及监测的便利性,选取能够代表衡南县紫色砂页岩环境特征的典型坡面建立径流小区,建设地点为车江镇高田村。设置了裸露小区、顺坡耕作、植物篱、土坎梯田、石坎梯田、坡式梯田 6 种径流小区(表 1)。原始坡度均为 15°,投影面积为 5 m×20 m,实际长度为 5 m×20.71 m,小区四边为浆砌石围墙,基础深至岩石层,外侧 2 m 处设置截水沟,防止上部坡面径流进入小区,下部集流池的规格为 2 m×2 m×1 m,小区间周边设置缓冲带,缓冲带与小区同时种植农作物,耕作管理相同,径流小区外侧设围栏,防止牲畜闯入。径流小区于 2014 年修建,2015 年自然匀地一年,以利于小区土壤物理性质稳定,2016 年开始观测。

表 1 径流小区治理措施情况

编号	治理措施	具体描述
A	裸露小区	5 月和 11 月其他小区作物换茬时进行苗床状整地,全年共 2 次,及时用除草剂除草,保证地表无植物
B	顺坡耕作	坡面不开沟,前一年 11 月移栽油菜,油菜收获后耨翻 15 cm 整地,5 月中旬穴播种植黄豆,株间距 0.2 m×0.2 m,黄豆收获后耨翻 15 cm 整地,11 月移栽油菜,株间距 0.25 m×0.30 m
C	植物篱	植物篱为黄花草,间隔 4.67 m,共计 4 带。植物篱每带 2 行,双行错栽呈“品”字形。每穴两株,株距 0.1 cm,行距 0.2 cm,带宽 0.5 m,种植油菜—黄豆,方式同 B
D	土坎梯田	土坎高 1.34 m。共计 4 坎,坎坡 75°,坎间田面宽 5 m,净宽度为 4.06 m,土坎顶宽 0.58 m,底宽 0.94 m,田面水平,种植油菜—黄豆,方式同 B
E	石坎梯田	石坎高 1.34 m。共计 4 坎,坎坡 75°,坎间田面宽 5.00 m,净宽度为 4.06 m,石坎顶宽 0.58 m,底宽 0.94 m,田面水平,种植油菜—黄豆,方式同 B
F	坡式梯田	田坎高 0.67 m,共计 4 坎,坎坡 75°,坎间田面宽 5 m,田面坡度 9°,水平宽 4.24 m,田坎顶宽 0.30 m,底宽 0.76 m,田间种植油菜—黄豆,方式同 B

1.3 径流和泥沙观测

径流小区观测项目主要是在自然降雨之后观测径流小区降雨、产流和产沙情况。雨量器的观测应在降水结束后立即观测,并更换承水瓶,记录降雨结束时间,当两场降雨时间间隔不超过 6 h,合并为一次降雨的降雨量。所有无降水间隔时间不超过 6 h 的降雨量累加为次降雨量,自动雨量器与雨量器数据校

核。在径流取样方面,首先读取集流池水面所在刻度值,根据集流池面积扣除地表降雨确定径流量。之后用铁锹搅动集流池中的泥水,使泥沙与水充分混合达到均匀,打开集流池阀门边搅边采样,隔段时间接一次样,保证取样均匀,每个集流池内取 3 次,每个取样瓶取 500 mL。采样结束后,用清水将集流池冲洗干净。将样品带回室内进行烘干、称量、计算。径流量

根据集流池体积推算得到,结合径流泥沙浓度,计算出土壤侵蚀量^[10-13]。

2 结果与分析

2.1 不同次降雨量下的径流量和土壤流失量

试验小区 2016 年次降雨量主要集中在 30~100 mm 之间,小于 30 mm 和大于 100 mm 的次降雨各有 2 场。各小区的径流量和土壤流失量与次降雨量之间存在一定的相关性。分别对不同次降雨量下各小

区的水土流失状况进行统计分析。由于按照降雨量划分标准不易区分,根据次降雨量大小,对全年降雨场次划分为:次降雨量<35 mm 的观测共有 4 次;次降雨量 35~65 mm 的观测共有 9 次,全年次降雨量主要集中于此范围;次降雨量 65~95 mm 的观测共有 3 次;次降雨量>95 mm 的观测共有 3 次。

不同次降雨量下各试验小区的水土流失情况见图 1~图 4。

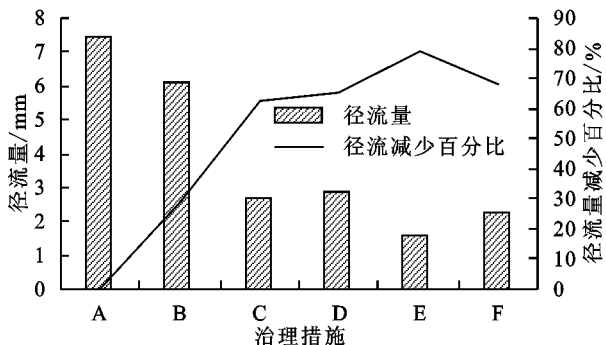


图 1 次降雨量<35 mm 时各试验小区水土流失状况

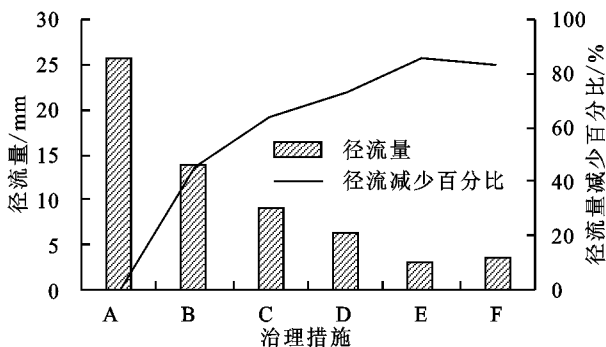
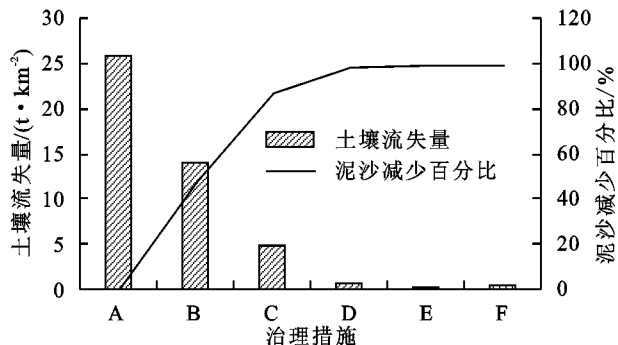


图 2 次降雨量为 35~65 mm 时各试验小区水土流失状况

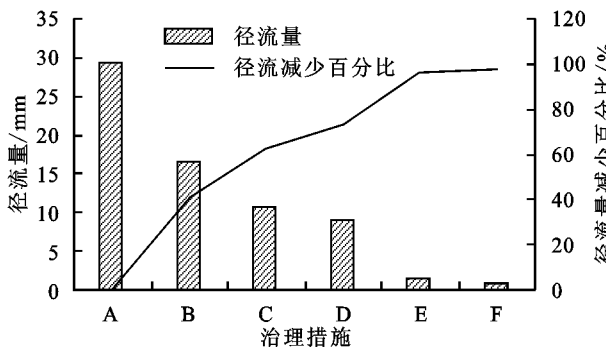
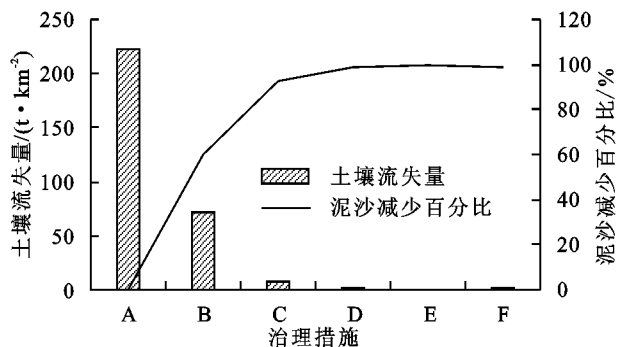


图 3 次降雨量为 65~95 mm 时各试验小区水土流失状况

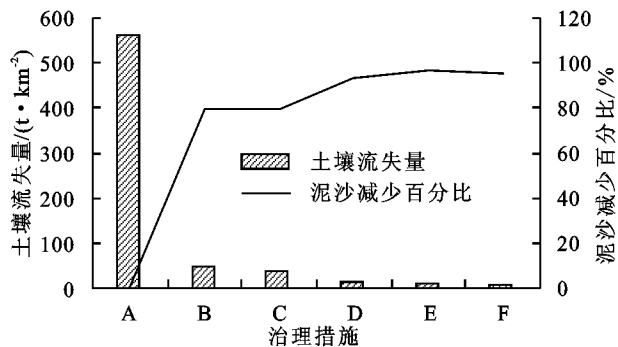
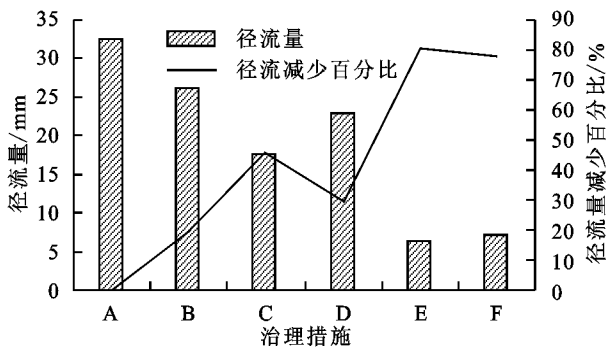
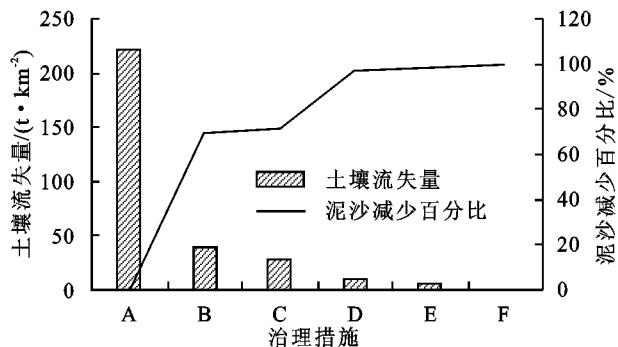


图 4 次降雨量>95 mm 时各试验小区水土流失状况

土壤流失量随着次降雨量的增大而增大^[14],顺坡耕作小区产生的土壤流失量明显低于裸露小区,但依然很大,而对于采取水土保持措施的各试验小区来说,其土壤流失量明显降低,总体来看泥沙减少百分比均在 80% 以上。但不同治理措施对土壤流失治理效果不同,其中,土坎梯田、石坎梯田、坡式梯田保土效果最好,均在 90% 以上。当次降雨量小于 95 mm 时,水保措施的保土效果均接近 99%;而在较大雨强时,这些措施的保土效果则会受到一定影响,均有所降低。植物篱措施的保土效果受降雨强度的影响较大,当次降雨量小于 65 mm 时,其保土效果随次降雨量的增加而增加,当次降雨量大于 65 mm 时,其保土效果开始下降。在较大雨强时,土坎梯田、石坎梯田、坡式梯田的保土效果更为突出。

不同水土保持措施对坡面产流均有一定程度的控制。裸露小区的径流量在 0.33~36.02 mm 之间变化,受降雨强度的影响较大。相比裸露小区和顺坡耕作,水土保持措施降低小区径流效果十分明显。当次降雨量小于 95 mm 时,径流降低效果随着次降雨量的增大而增大^[15],表明有水土保持措施的保水效果在次降雨量中等偏大时最好,径流减少比例基本都在 50% 以上,其中石坎梯田保水效果最好时可达 95% 以上。当次降雨量大于 95 mm 时,不同治理措施的保水效果受到不同程度的影响,与次降雨量小于 95 mm 时相比,效果稍差。当次降雨量大于 95 mm 时,植物篱和土坎梯田的保水效果影响最大,土坎梯田的径流量增大比较明显,径流减少比例有所降低,而石坎梯田和坡式梯田受雨强影响相对较小。

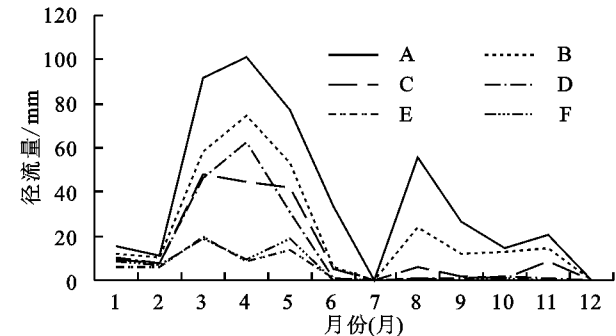


图 5 不同措施径流小区径流量和土壤流失量年内变化对比

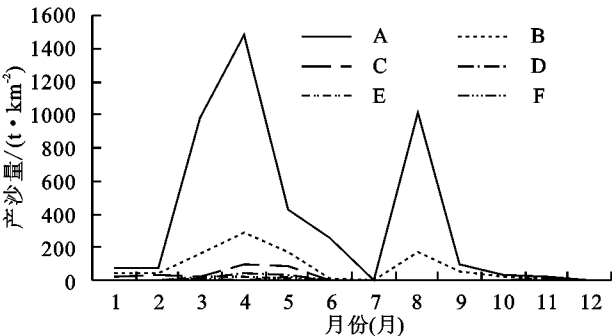
2.3 水土保持措施年度水土保持效果

在完全裸露的条件下,土壤侵蚀模数为 4 450.57 t/(km²·a),达到了中度侵蚀,顺坡耕作下土壤侵蚀模数为 961.68 t/(km²·a),植物篱的径流小区土壤侵蚀模数为 279.86 t/(km²·a),其他 3 种梯田的土壤流失量很低(表 2);与裸地相比,顺坡耕作可减少侵蚀量 3 488.89 t/(km²·a),减少 167.96 mm 径流量,而植物篱相比裸地可减少侵蚀量 4 170.71 t/(km²·a),减少径流量 270.30 mm,土坎梯田减少侵蚀量为 4 364.16 t/(km²·a),减少径流量为 283.50 mm,石坎梯田减少侵

2.2 径流量和产沙量的月变化分析

不同措施径流小区的径流量和产沙量年内变化趋势相对一致(图 5),裸露小区在 4 月份径流量和产沙量最大,达到了 101.33 mm 和 1 482.89 t/km²;顺坡耕作小区产流产沙主要集中在春季;植物篱小区径流量在 3,4 月份较大,土壤流失量主要集中于 4,5 月份,这是由于春季降雨多,植物篱在这个时间段保水保土效果较差,6 月份以后产流产沙量相对稳定;在 4 月份降雨量较大的时,与石坎梯田和坡式梯田小区相比,土坎梯田小区保水保土效果下降;在其他月份中,梯田小区都有较好的保水保土效果;坡式梯田在 5 月份产沙量较其他月份较大,这是由于农业耕作活动对坡式梯田的保水保土效果影响较大;石坎梯田在春季降雨量较大的时候径流量和产沙量稍有增加,其他月份比较稳定。

总体而言,小区产生的径流和泥沙量主要集中在 4 月份,裸露小区和顺坡耕作小区水土流失情况严重。1,2 月份土壤流失量较少,这与 1,2 月份降雨量少,降雨强度较弱有关;3—5 月份呈现先下降再上升的变化趋势,这是由于油菜覆盖度在其生长和收割过程中变化造成的,也与降雨量的变化有关。随后作物逐渐生长,植被覆盖度增加,流失量减少;衡阳具有夏秋多旱、暑热期长的特征,7,8 月份降雨量相对较少,水土流失低于春季^[16];9 月份以后,降雨趋于稳定,植被生长稳定,径流量和土壤流失量相对较小。土壤流失量随着季节变化而变化,这与降雨量、地表植被、农业耕作方式的季节变化有关^[17]。



蚀量为 4 399.63 t/(km²·a),减少径流量为 390.36 mm,土坎梯田减少侵蚀量为 4 418.11 t/(km²·a),减少径流量为 383.38 mm。

径流量由高到低表现为裸露小区>顺坡耕作坡耕地>植物篱小区>土坎梯田>坡式梯田>石坎梯田。保水能力从大到小依次为石坎梯田(85.07%)>坡式梯田(81.50%)>土坎梯田(64.57%)>植物篱(57.96%)>顺坡耕作(37.49%)>裸露小区,其中石坎梯田保水效果最好,各次观测的平均截流比例接近 90%,其次为坡式梯田,保水能力达到了 80% 以上,土坎

梯田和植物篱的减流效果较为相近。当植物篱上的植物生长完全时,植物篱的减流效果与土坎梯田接近。相比而言,顺坡耕作的截流效果相对较弱,保水能力主要受作物的覆盖影响。顺坡耕作相较于裸露小区来说,径流量有所降低,但是顺坡耕作的方式会破坏土壤表层,为径流的产生提供了人为的通道,加速水土流失^[18]。

产沙量从高到低依次为裸露小区、顺坡耕作、植

物篱、土坎梯田、坡式梯田、石坎梯田。其中裸露小区的产沙量最大。顺坡耕作小区的产沙量也高于其他治理措施,但比裸露小区小,这是由于植被覆盖有保土作用。相对于裸露小区和顺坡耕作小区,其他治理措施的小区保土效果都比较明显。减沙能力由高到低依次为石坎梯田(98.75%)>坡式梯田(98.67%)>土坎梯田(97.39%)>植物篱(86.15%)。

表 2 总保水保土量估算

小区 类型	年土壤侵蚀量/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	年径流量/ mm	减少侵蚀量/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	减少径流量/ mm	总径流量减少 比例/%	土壤流失量 减少比例/%
裸露小区	4450.57	447.05	—	—	—	—
顺坡耕作	961.68	277.09	3488.89	169.96	37.49	61.99
植物篱	279.86	176.75	4170.71	270.30	60.56	86.15
土坎梯田	86.41	163.55	4364.16	283.50	64.57	97.39
石坎梯田	50.94	56.69	4399.63	390.36	85.07	98.75
坡式梯田	32.46	63.67	4418.11	383.38	81.50	98.67

3 结 论

(1)裸露的紫色土 15°坡度条件下,土壤侵蚀模数为 4 450.57 t/(km²·a),达到中度侵蚀,顺坡耕作模式下土壤侵蚀模数为 961.68 t/(km²·a),种植植物篱的径流小区保水保土效果最差,石坎梯田效果最好。

(2)径流小区径流量和泥沙量 4 月份最多,裸露小区的产沙量远高于其他小区,在 8 月份仍有较大的径流量和产沙量,其他小区的水土保持效果随着季节变化而变化,它与降雨量、地表植被、栽培换茬的季节变化有关。

(3)裸露和顺坡耕作条件下的土壤流失量随着次降雨量增大而增大,植物篱在次降雨量大于 65 mm 时保土效果开始变差,梯田小区的保土效果受次降雨量影响较小,在次降雨量超过 95 mm 的情况下,植物篱和土坎梯田受影响较大,土坎梯田在较大雨强下保水效果变差,而石坎梯田和坡式梯田在大雨强时仍可以发挥较好的保水保土作用。

参考文献:

[1] 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土[M]. 北京:科学出版社,1991.

[2] 杨宁,邹冬生,杨满元,等. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复阶段土壤特性的演变[J]. 生态学报,2014,34(10): 2693-2701.

[3] 国家发展改革委,水利部. 全国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项建设方案[Z]. 2017-03-13.

[4] 任兵芳. 紫色砂页岩区水土流失治理措施探讨[J]. 人民长江,2004,35(12):3-4.

[5] 欧胜. 川中丘陵区坡耕地土壤侵蚀及治理对策研究[D]. 成都:四川农业大学,2010.

[6] 刘坤,陈治谏,廖晓勇. 三峡库区紫色土坡地不同耕作措施的水土保持效应研究[J]. 水土保持研究,2008,15

(1):257-259.

[7] 谢登举. 我国水土流失治理方略辨析[J]. 山西水土保持科技,2014(1):3-5.

[8] 魏晓,谢树春,赵玲,等. 湖南紫色土山丘区农业复合模式的优化与生态经济效益[J]. 农业现代化研究,2012,33(2):211-215.

[9] 陈志阳,杨宁,田小梅,等. 衡阳紫色土丘陵坡地水土保持生态经济型治理模式[J]. 生态经济(学术版),2012(1):386-388.

[10] 水利部. 水土保持综合治理效益计算方法(GB/T 15774—2008)[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[11] Petersen A L, Thompson A M, Baxter C A, et al. A new polyacrylamide (PAM) formulation for reducing erosion and phosphorus loss in rainfed agriculture[J]. Transactions of the Asabe,2007,50(6):2091-2101.

[12] 陈瑾. 水土保持径流小区监测方法探讨:以甘肃省定西市安家沟监测点为例[J]. 水土保持通报,2009,29(2): 94-96.

[13] 路炳军,袁爱萍,章文波. 径流小区集流桶(池)泥沙含量快速测定方法探讨[J]. 水土保持通报,2009,29(2): 15-17.

[14] Mamedov A I, Shainberg I, Levy G J. Wetting rate and sodicity effects on intertill erosion from semi-arid Israeli soils[J]. Soil and Tillage Research,2002,68(2): 121-132.

[15] 黄炎和,卢程隆. 闽南次降雨量与土壤侵蚀量的关系研究[J]. 水土保持学报,2002,16(3):76-78.

[16] 杨宁. 衡阳紫色土丘陵坡地自然恢复植被特征及恢复模式构建[D]. 长沙:湖南农业大学,2010.

[17] 王川,孙铁军,金洪,等. 人工植被建植对坡地水土流失的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(3):29-33.

[18] 张怡,何丙辉,王仁新,等. 横坡和顺坡耕作对紫色土土壤团聚体稳定性的影响[J]. 中国生态农业学报,2013,21(2):192-198.