

南方红壤区不同利用土地产流产沙特征试验研究

汪邦稳^{1,2}, 肖胜生², 张光辉¹, 杨洁^{2*}, 张利超²

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 江西省水土保持科学研究所, 南昌 330029)

摘要: 研究不同类型降雨下土地利用/覆被对水土流失过程的影响, 对于科学指导植被建设和控制水土流失具有重要意义。采用人工模拟降雨的方法, 对南方红壤区典型小流域 8 种不同利用土地的径流、泥沙在不同降雨条件下的流失特征进行了研究。结果表明, 不同利用土地的径流和泥沙流失差异明显, 且各利用土地的径流和泥沙流失的变化对雨量雨强变化的响应不同; 相同降雨条件下径流调控排序为果园>旱平地>油茶>弃土场>水保林>坡耕地>水田>裸地, 泥沙调控排序为果园>油茶>旱平地>水田>裸地>水保林>坡耕地>弃土场。因此, 具有水土保持措施的果园保水保土最好, 而裸地产流最大, 坡耕地和弃土场泥沙流失最多, 产流和产沙没有完全的对立关系, 该研究结果为南方红壤区的水土保持规划与水土流失综合治理提供了基础数据和科学依据。

关键词: 径流, 泥沙, 土地利用, 水土流失, 红壤

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.02.041

中图分类号: S157.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-02-0239-05

汪邦稳, 肖胜生, 张光辉, 等. 南方红壤区不同利用土地产流产沙特征试验研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 239-243.

Wang Bangwen, Xiao Shengsheng, Zhang Guanghui, et al. Study on runoff and sediment yield characteristics under different land uses in red soil area of Southern China[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(2): 239-243. (in Chinese with English abstract)

0 引言

水土流失是中国头号环境问题, 是各种生态问题的集中反映, 严重威胁着粮食和生态安全^[1]。南方红壤区是水土流失严重的区域之一, 同时, 该地区也是中国主要粮食产地和果业发展地之一^[2]。加强该地区不同土地利用下的水土流失规律研究, 可以为南方红壤区的水土保持规划与水土流失综合治理提供基础数据和科学依据。

土地利用/覆被变化具有明显分异的水土流失效应^[3-5]。当前, 对不同土地利用下水土流失规律的研究主要以标准径流小区和小流域为单元, 分析坡面或流域尺度径流、泥沙流失特征变化对土地利用和降雨变化的响应, 以及它们之间的耦合关系^[6-10]。对南方红壤区, 相关水土流失规律研究多集中在裸地和不同水土保持措施下的小区对比试验^[11-13], 而针对实际的土地利用类型, 定量研究不同降雨条件下土地利用的水土流失效应尚鲜见报道。

人工模拟降雨试验是小尺度研究的常用手段^[14], 可以方便、准确地测定不同降雨条件下不同土地利用类型的径流、泥沙变化规律^[15-17]。人工模拟降雨试验在水土流失研究中已成为主要方法之一^[18-20]。本文以人工模拟

降雨为手段, 以南方红壤区水土流失重点治理的典型代表——江西赣州市于都县左马小流域为研究对象, 对当地常见的 8 种利用土地在不同降雨条件下的径流、泥沙的流失特征进行研究, 以期对南方红壤水土流失区的植被重建与小流域综合治理提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

左马小流域面积 3.18 km², 位于江西赣州市于都县城南 30 km 处, 属赣江的贡水支流上游, 以丘陵岗地地貌为主, 海拔 108~314 m。坡度一般为 0~25°, 部分高丘、低山大于 25°。小流域属中亚热带季风湿润区, 多年平均降雨量 1 507 mm, 降水年内分配不均, 4-6 月的降水占全年降水量的 47.50%。该小流域属于全国八片水土流失重点治理工程流陂项目区范围, 治理后的利用土地以林地、耕地、园地为 主, 分别占总面积的 77.03%、12.00% 和 7.19%, 其他利用土地占 3.78%。其中, 林地经过“乔+灌+水平竹节沟”措施的治理和微地形改造, 形成台地式地形, 坡度 5°左右; 经过坡改梯治理的耕地以梯田和旱平地为主, 坡耕地的坡度都在 10°以下; 90%以上的果园都是水平台地, 以脐橙和油茶为主。

1.2 研究方法

1.2.1 人工模拟降雨设备

人工模拟降雨设备由运输设备和降雨监测系统 2 部分组成。运输设备为江西省水土保持科学研究所自主研发的水土流失监测车, 车上配备 1.5 m³的水箱、2 kW 的发电机、1.1 kW 的水泵、操作平台等配套设施。降雨监测系统由中国科学院水利部水土保持研究所与西安清远

收稿日期: 2011-01-21 修订日期 2011-10-08

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目(200901047); 江西省水利厅科技项目(200909)

作者简介: 汪邦稳(1981-), 男, 汉族, 安徽肥西人, 工程师, 博士生。主要研究方向为土壤侵蚀与环境。南昌 江西省水土保持科学研究所, 330029。Email: bangwenbest@126.com

*通信作者: 杨洁(1958-), 女, 汉族江西南昌人, 教授级高级工程师。主要研究方向为水土保持、森林培育。南昌 江西省水土保持科学研究所, 330029。Email: zljy@126.com

测控技术有限公司共同研发, 主要由人工模拟降雨器、雨量计、主控制器、径流泥沙测量仪和数据采集器等组成(表1)。

表1 人工模拟降雨监测系统参数表

Table 1 Parameters of rainfall simulation system

| 序号 | 设备名称 | 型号 | 设备参数 |
|----|---------|----------|---|
| 1 | 降雨器 | QYJY-501 | 雨强 10~200 mm/h; 降雨面积 5×5 m ² ; 降雨均匀度 >0.8; 雨滴大小 0.5~0.58 mm; 精度 7 mm/h; 高度 4 和 6 m; 降误差 ≤2%。 |
| 2 | 雨量计 | SL3-1 | 承水口径 Φ 200 mm; 测量降水强度 <4 mm/min; 测量最小分度: 0.1 mm; 准确度: 4%。 |
| 3 | 主控制器 | SC-101 | 工作电压 AC 220 V/50Hz; 工作环境温度 0~60℃; 工作环境湿度 ≤95%; 数据存储容量 ≥32 000 条; 采样间隔 10~9 999 s; 通讯接口: RS232。 |
| 4 | 径流泥沙测量仪 | QYJL-006 | 径流测量范围 3~3 000 mL/s, 误差 <3 mL/s; 泥沙测量范围 1~100 kg/m ³ , 相对误差小于 10%。 |
| 5 | 数据采集器 | QYCJ-2 | 工作电压 AC 220 V/50 Hz、DC 24V; 工作湿度 ≤90%; 工作温度 -10℃~50℃; 数据容量 ≥32 000 条; 通讯接口: RS232; 通讯方式: 就地下载。 |

1.2.2 人工模拟降雨下垫面设计

根据试验区的利用土地情况, 选取 8 种不同利用土地类型(表2)进行人工模拟降雨试验。对每种利用土地采用配备的不锈钢隔板在选定的下垫面围建 3 m×3 m 的径流小区, 出口端放置地表坡面径流泥沙测量仪。

表2 径流小区基本情况

Table 2 Basic information of runoff plots

| 序号 | 利用土地方式 | 坡度(°) | 水保措施 |
|----|--------|-------|---------------|
| 1 | 水保林 | 4 | 马尾松+竹节水平沟+胡枝子 |
| 2 | 裸地 | 3 | 无 |
| 3 | 果园 | 0 | 坎下沟+水平台地(脐橙) |
| 4 | 坡耕地 | 5 | 茄子 |
| 5 | 旱平地 | 0 | 大豆 |
| 6 | 水稻田 | 0 | 留茬 |
| 7 | 油茶 | 0 | 坎下沟+水平台地 |
| 8 | 弃土场 | 10 | 无 |

1.2.3 人工模拟降雨雨量、雨强设计

根据试验区域历史资料以及实际情况, 针对每种利用土地, 设计 3 场不同雨量、雨强的降雨。雨量、雨强分别为 25 mm、50 mm/h, 62.5 mm、62.5 mm/h, 90 mm、72 mm/h。每场降雨历时为 30 min, 每种利用土地每场降雨进行 2 次重复。

野外人工模拟降雨试验在研究区的少雨季节进行, 时间为 2010 年 10 月 10 日—20 日, 试验期间研究区没有天然降水。试验时搭建脚手架用帆布挡风, 保证人工模拟降雨试验顺利进行和采集数据的真实性和可靠性。

利用雨量计、径流泥沙测量仪并结合人工观测, 对降雨、径流和泥沙数据进行采集。

2 结果与分析

2.1 不同利用土地类型下的产流特征

2.1.1 相同降雨下不同利用土地产流系数

人工模拟降雨量、降雨强度及各利用土地下的径流系数如图1。在雨量 25 mm、雨强 50 mm/h 下, 果园和弃土场没有产生径流, 径流系数为 0, 坡耕地、裸地和水田径流系数相对较大, 分别为 22.2%, 33.3%和 38.9%; 水保林和旱平地的径流系数相对较小, 分别为 6.7%和 5.6%。在雨量 62.5 mm、雨强 62.5 mm/h 下, 水保林、坡耕地、水田和裸地的径流系数相对较大, 都超过 30%, 其中裸地的径流系数最大, 达到 55.6%; 油茶、旱平地、果园和弃土场的径流系数相对较小, 都在 15%以下, 其中弃土场的径流系数最小, 为 3.4%。在雨量 90 mm、雨强 72 mm/h 下, 水保林、坡耕地、水田和裸地的径流系数相对较高, 都超过 40%, 其中, 裸地的径流系数最大, 达到 66.1%; 弃土场、油茶、旱平地、果园的径流系数相对较小, 都在 30%以下, 其中果园的径流系数最小, 仅为 6.3%。单因素方差分析表明, 不同利用土地径流系数差异显著 ($P<0.01$)。对比分析 3 场降雨的径流总量, 可知各利用土地的径流调控排序为果园>旱平地>油茶>弃土场>水保林>坡耕地>水田>裸地。

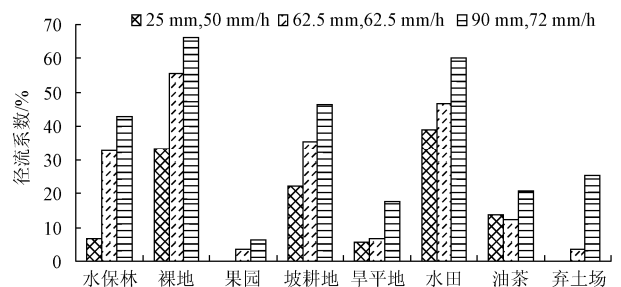


图1 各利用土地在不同降雨条件下的径流系数直方图
Fig.1 Runoff coefficient histogram under different land uses and rainfall events

各降雨中, 裸地和水田的径流系数较高, 这主要因为裸地没有植被覆盖, 降雨过程的溅蚀作用, 堵塞土壤空隙, 减小径流入渗, 增加地表径流; 而水田由于长期的浸泡作用, 土壤含水率高, 土壤板结, 削弱了土壤入渗能力, 增加地表径流。果园、旱平地、油茶径流系数相对较小, 其中果园的径流系数最小, 这主要因为果园进行了水平台地+前更后沟+梯壁植草的水土保持措施, 旱平地进行了水平台地, 油茶进行了反坡梯田的水土保持措施, 从而拦蓄了雨水, 延长了径流时间, 增加了土壤入渗, 减小了径流。

2.1.2 不同降雨下各利用土地产流系数变化

从图1可以看出, 除了油茶, 其他各利用土地的径流系数随雨量、雨强的增大而增大。不同降雨间各利用土地径流系数变化值如表3所示。可以看出, 从雨量 25 mm、雨强 50 mm/h 增加到雨量 62.5 mm、雨强 62.5 mm/h 时, 水保林的径流系数变化最大, 增加了 26.0%, 其次是裸地, 径流系数增加了 22.2%; 果园、弃土场和旱

平地径流系数变化较小，分别增加 3.6%、3.4%和 1.1%。从雨量 62.5 mm、雨强 62.5 mm/h 增加到雨量 90 mm、雨强 72 mm/h 时，弃土场径流系数变化最大，增加了 22.1%；果园的径流系数变化最小，仅增加了 2.7%。

表 3 不同降雨间各利用土地径流系数的变化

Table 3 Variation in runoff coefficient under different land uses and rainfall events unit

| 雨量、雨强 | 利用土地方式 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | 水保林 | 裸地 | 果园 | 坡耕地 | 旱平地 | 水田 | 油茶 | 弃土场 |
| 25 mm, 50mm/h~62.5 mm, 62.5 mm/h | 26.0 | 22.2 | 3.6 | 13.3 | 1.1 | 7.8 | -1.7 | 3.4 |
| 62.5 mm, 62.5 mm/h~90 mm, 72 mm/h | 10.1 | 10.6 | 2.7 | 10.7 | 11.1 | 13.5 | 8.6 | 22.1 |

各利用土地在不同降雨下径流系数变化差异明显。除了油茶外，其它利用土地的径流系数随着雨量、雨强的增大而增大。在雨量 25 mm、雨强 50 mm/h 下，水保林的径流系数仅为 6.7%，当雨量、雨强分别达到 62.5 mm 和 62.5 mm/h 以上时，径流系数增加到 32.7%以上，说明水保林对中雨型的降雨拦蓄径流效果明显，但随着雨型的增大，其拦蓄径流效果削弱。果园在不同降雨下，径流系数都很小，说明果园对不同类型的降雨拦蓄径流效果都非常明显。旱平地 and 油茶与其他利用土地相比，也具有较好拦蓄径流的作用。弃土场在雨量 25 mm、雨强 50 mm/h 下，径流系数为 0；在雨量 62.5 mm，雨强 62.5 mm/h 时，径流系数仅为 3.4%，这主要是因为开发建设的弃土场，土层厚，土质松，土壤空隙大，降雨入渗快，所以径流小；而当雨量、雨强分别增加到 90 mm、72 mm/h 时，径流系数增大到 25.5%，这是因为当弃土场的土壤水分达到饱和后，径流迅速增大。

2.2 不同利用土地类型下的产沙特征

2.2.1 相同降雨下不同利用土地产沙量

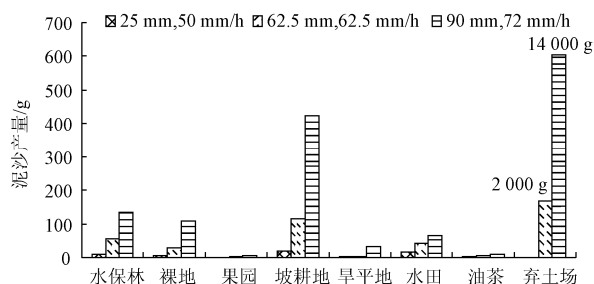
人工模拟各雨量、雨强下不同利用土地的泥沙量分布如图 2。在雨量 25 mm、雨强 50 mm/h 下，除了果园和弃土场没有泥沙流失外，坡耕地泥沙流失量相对最大，为 21.25 g，水保林、裸地、油茶、旱平地泥沙流失相对较小，分别为 9.58、7.1、3.12、3.08 g。在雨量 62.5 mm，雨强 62.5 mm/h 下，油茶、旱平地 and 果园的泥沙流失相对较小，流失量不超过 10 g，其中果园最小，仅为 3.43 g；坡耕地和弃土场的泥沙流失量相对较大，其中弃土场最大，达到 2 000 g。在雨量 90 mm，雨强 72 mm/h 下，旱平地、油茶、果园的泥沙流失量相对较小，其中果园最小，仅为 6.57 g；坡耕地和弃土场的泥沙流失量相对较大，其中，弃土场最大，达到 14 000 g。利用变异系数方法分析雨量 25 mm、雨强 50 mm/h，雨量 62.5 mm、雨强 62.5 mm/h 和雨量 90 mm，雨强 72 mm/h 下不同利用土地的泥沙流失变异系数则分别为 1.02、2.46 和 2.66，表明各降雨条件下不同利用土地间的泥沙流失量差异明显，且随着雨量、雨强的增大泥沙变异系数增大。以 3 场降雨

的流失泥沙总量为依据，得出各利用土地调控泥沙的顺序为果园>油茶>旱平地>水田>裸地>水保林>坡耕地>弃土场。

各降雨中，除了在雨量 25 mm，雨强 50 mm/h 条件下，弃土场没有产流外，其他降雨条件下都是弃土场的泥沙流失最大，这主要是因为开发建设项目弃土场土是经过人为扰动重新堆放，土层结构被破坏，土质疏松，泥沙极易流失。坡耕地的泥沙流失仅次于弃土场，这主要是因为坡耕地具有一定的坡度，加上耕作的需要，土层经常被人扰动，所以，泥沙流失也较大。果园和油茶泥沙流失小，则因为果园和油茶分别进行了水平台地+前埂后沟+梯壁植草措施和反坡台地措施，泥沙流失主要由雨滴溅蚀和土壤崩解的作用溶解到径流中形成悬移质由径流带出。裸地的泥沙流失小于水保林，主要因为裸地经过长期裸露，地表土壤流失殆尽，土层基本至母质层，很少有表土可以流失，在发生沟蚀前，泥沙流失是很少的，而水保林由于其冠层和枯枝落叶的水土保持作用，削弱了降雨对土壤的侵蚀能力，保持了土壤，同时水保林生长过程的生物作用，加速了土壤的形成，为强降雨的泥沙流失提供了来源。

2.2.2 不同降雨下各利用土地产沙量变化

由图 2 可知，各利用土地的泥沙流失量随雨量、雨强的增大逐渐增大。不同降雨间各利用土地泥沙流失量变化值如表 4。可以看出，从雨量 25 mm、雨强 50 mm/h 增加到雨量 62.5 mm，雨强 62.5 mm/h 时，坡耕地和弃土场泥沙流失量增加较大，弃土场最大，增加了 2 000 g，油茶、果园和旱平地增加量较小，都在 5 g 以下。从雨量 62.5 mm，雨强 62.5 mm/h，增加到雨量 90 mm，雨强 72 mm/h 时，仍然是坡耕地和弃土场泥沙流失增加较大，其中，弃土场最大，增加了 12 000 g，果园、油茶泥沙流失增加较小，分别为 3.14、2.58 g，除了果园、油茶和水田外，其他利用土地的泥沙流失变化都随着雨量、雨强的增加而增强。



注：由于弃土场泥沙产量远远大于其他利用土地类型的泥沙产量，难以在同一图上显示，作图时将弃土场泥沙产量进行了比例缩小，并在图中直接表示实际值。

图 2 各利用土地在不同降雨条件下的泥沙产量直方图

Fig.2 Sediment yield histogram under different land uses and rainfall events

通过以上分析，各利用土地的泥沙流失量随雨量、雨强的增大而增大，各利用土地泥沙流失量的变化对雨量、雨强变化的响应存在差异。同时，弃土场、坡耕地的泥沙流失量变化对不同雨量、雨强响应强烈，具有综

合水土保持措施的果园和油茶的泥沙流失量变化对不同雨量、雨强响应不明显。

表 4 不同降雨间各利用土地泥沙流失量的变化

Table 4 Variation in sediment yield under different land uses and rainfall events

| 雨量、雨强 | 利用土地方式 | | | | | | | |
|---|--------|-------|------|--------|-------|-------|------|--------|
| | 水保林 | 裸地 | 果园 | 坡耕地 | 旱平地 | 水田 | 油茶 | 弃土场 |
| 25 mm, 50 mm/h~ 62.5 mm, 62.5 mm/h | 44.93 | 21.49 | 3.43 | 94.03 | 1.09 | 26.17 | 4.82 | 2 000 |
| 62.5 mm, 62.5 mm/h~ 90 mm, 72 mm/h | 79.07 | 79.04 | 3.14 | 310.16 | 27.15 | 23.47 | 2.56 | 12 000 |

3 讨论

在本研究的人工模拟降雨条件下，坡耕地和裸地的侵蚀量偏小，尤其是裸地没有发生沟蚀，总的泥沙流失量比水保林还小。这可能由于坡耕地和裸地的坡度比较小（主要是水土流失重点治理的结果），影响了径流的分配，降低了径流的动力来源，削弱了径流的剥蚀能力。

各利用土地下径流和泥沙流失有的是以径流流失为主，有的是以泥沙流失为主，产流和产沙没有呈现完全对应关系，这与李广等^[21]研究的结果相似。因此，在进行水土流失治理时，要根据各利用土地的水土流失特征，有针对性防治水流失或防治泥沙流失。

4 结论

1) 不同利用土地径流差异极显著，在雨量 90 mm，雨强 72 mm/h 下，裸地径流系数高达 66.1%，而果园径流系数仅为 6.3%；不同利用土地径流变化对雨量、雨强的响应差异明显；相同降雨条件下径流调控排序为果园>旱平地>油茶>弃土场>水保林>坡耕地>水田>裸地。

2) 不同利用土地泥沙流失差异明显，雨量 90 mm，雨强 72 mm/h 下，弃土场泥沙流失高达 14 000 g，而果园泥沙流失仅为 6.57 g；弃土场、坡耕地的泥沙流失量变化对雨量、雨强的变化响应大，果园、油茶的泥沙流失量变化对不同雨量、雨强响应不明显；相同降雨条件下泥沙调控排序为果园>油茶>旱平地>水田>裸地>水保林>坡耕地>弃土场。

3) 由于不同利用土地下产流和产沙不呈现完全对应关系；因此，进行水土流失治理时，要根据各利用土地的水土流失特征，有针对性防治水流失或防治泥沙流失；而目前针对不同利用土地的径流、泥沙防治的水土保持技术还不完善，需要进一步的研究、提炼和完善。

[参 考 文 献]

[1] 李锐. 中国水土流失基础研究的机遇与挑战[J]. 自然杂志, 2008, 30(1): 6-11.
Li Rui. Opportunities and challenges of basic research on soil and water loss in China[J]. Chinese Journal of Nature, 2008, 30(1): 6-11. (in Chinese with English abstract)

[2] 赵其国. 我国南方当前水土流失与生态安全中值得重视的问题[J]. 水土保持通报, 2006, 26(2): 1-8.
Zhao Qiguo. Some considerations for present soil and water conservation and ecology security of south China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2006, 26(2): 1-8. (in Chinese with English abstract)

[3] Mohammad A G, Adam M A. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses[J]. Catena, 2010, 81(2): 97-103.

[4] 王文娟, 张树文, 李颖, 等. 近 50 年三江平原土地利用/覆被变化及土壤侵蚀分析[J]. 中国科学院研究生院学报, 2008, 25(4): 493-502.
Wang Wenjuan, Zhang Shuwen, Li Ying, et al. Analysis of land use/cover change and soil erosion in Sanjiang plain during the past 50 Years[J]. Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2008, 25(4): 493-502. (in Chinese with English abstract)

[5] Wei Wei, Chen Liding, Fu Bojie, 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.

[6] Neil Munro R, Deckers J, Haile M, et al. Soil landscapes, land cover change and erosion features of the Central Plateau region of Tigray, Ethiopia: Photo-monitoring with an interval of 30 years[J]. Catena, 2008, 75(1): 55-64.

[7] 刘淑燕, 余新晓, 信忠保, 等. 黄土丘陵沟壑区典型流域土地利用变化对水沙关系的影响[J]. 地理科学进展, 2010, 29(5): 565-571.
Liu Shuyan, Yu Xinxiao, Xin Zhongbao, et al. effects of land use change on runoff-sediment relationship at watershed in the Loess hilly region[J]. Progress in Geography, 2010, 29(5): 565-571. (in Chinese with English abstract)

[8] 刘卉芳, 曹文洪, 张晓明, 等. 黄土区小流域水沙对降雨及土地利用变化响应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 237-242.
Liu Huifang, Cao Wenhong, Wang Xiangdong, et al. Response of water and sediment to land use in watershed of Losses plateau[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2010, 28(2): 237-242. (in Chinese with English abstract)

[9] 余冬立, 邵明安, 薛亚锋, 等. 坡面土地利用格局变化的水土保持效应[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 22-27.
She Dongli, Shao Ming'an, Xue Yafeng, et al. Soil-water observation effects of slope land use pattern changes[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(4): 22-27. (in Chinese with English abstract)

[10] 姜娜, 邵明安. 黄土高原小流域坡地不同利用方式的水土流失特征[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 36-41.
Jiang Na, Shao Ming'an. Characteristics of soil and water loss of different slope land uses in small watershed on the Loess Plateau[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(6): 36-41. (in Chinese with English abstract)

[11] 程冬兵, 左长清, 蔡崇法. 不同下垫面每次降雨水土流失特征及影响因素分析[J]. 草业学报, 2007, 16(5): 84-89.
Cheng Dongbing, Zuo Changqing, Cai Chongfa. Studying the characters and factors of water and soil losses over different ground covers under one rainfall event[J]. Acta Pratae Sinica, 2007, 16(5): 84-89. (in Chinese with English abstract)

[12] 左长清, 马良. 红壤坡地果园不同耕作措施的水土保持效应研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 12-15.

- Zuo Changqing, Ma Liang. Study on soil and water conservation effect under different tillages for orchards on red soil slopeland[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(3): 12—15. (in Chinese with English abstract)
- [13] 谢颂华, 曾建玲, 洁杨, 等. 南方红壤坡地不同耕作措施的水土保持效应[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(9): 81—86. Xie Songhua, Zeng Jianling, Yang Jie, et al. Effects of different tillage measures on soil and water conservation in slope farmland of red soil in Southern China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(9): 81—86. (in Chinese with English abstract)
- [14] 吴光艳, 祝振华, 成婧, 等. 人工模拟降雨特性对坡面产流产沙量的影响研究[J]. *节水灌溉*, 2011, (6): 44—47. Wu Guangyan, Zhu Zhenhua, Cheng Jing, et al. Runoff and sediment characteristics of slope under simulated rainfall[J]. *Water Saving Irrigation*, 2011, (6): 44—47. (in Chinese with English abstract)
- [15] 张强, 郑世清, 田凤霞, 等. 黄土区土质道路人工降雨及放水试验条件下产流产沙特征[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(5): 83—87. Zhang Qiang, Zheng Shiqing, Tian Fengxia, et al. Runoff and sediment yield characteristics of earth road under artificial rainfall and simulated overland flow tests conditions in Loess Plateau[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(5): 83—87. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王洁, 胡少伟, 周跃志. 人工模拟降雨装置在水土保持方面的应用[J]. *水土保持研究*, 2005, 12(4): 188—190. Wang Jie, Hu Shaowei, Zhou Yue. Application of artificial simulation of rainfall devices to soil and water conservation[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2008, 24(4): 443—445. (in Chinese with English abstract)
- [17] 肖培青, 姚文艺, 申震洲, 等. 苜蓿草地侵蚀产沙过程及其水动力学机理试验研究[J]. *水利学报*, 2011, 42(2): 232—237. Xiao Peiqing, Yao Wenyi, Shen Zhenzhou, et al. Experimental study on erosion process and hydrodynamics mechanism of alfalfa grassland[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2011, 42(2): 232—237. (in Chinese with English abstract)
- [18] 史银志, 雷晓. 基于人工模拟降雨的土壤侵蚀特性试验研究[J]. *石河子大学学报*, 2008, 26(4): 487—490. Shi Yinzhi, Lei Xiaoyun. Experimental study on the soil erosion of north brae in Yining based on artificial simulation of rainfall[J]. *Journal of Shihezi University*, 2008, 26(4): 487—490. (in Chinese with English abstract)
- [19] 王晓燕, 高焕文, 杜兵. 用人工模拟降雨研究保护性耕作下的地表径流与水分入渗[J]. *水土保持通报*, 2000, 20(3): 23—25. Wang Xiaoyan, Gao Huanwen, Du Bing, et al. Conservation tillage effect on runoff and infiltration under simulated rainfall[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2000, 20(3): 23—25. (in Chinese with English abstract)
- [20] 刘和平, 王秀颖, 刘宝元. 人工模拟降雨下细沟与细沟间流速的沿程分布[J]. *地理研究*, 2011, 30(9): 1660—1668. Liu Heping, Wang Xiuying, Liu Baoyuan. Study on rill and interrill flow velocity along hillslopes with simulated rainfall[J]. *Geographical Research*, 2011, 30(9): 1660—1668. (in Chinese with English abstract)
- [21] 李广, 黄高宝. 雨强和土地利用方式对黄土丘陵区水土流失的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(11): 85—90. Li Guang, Huang Gaobao. Effects of rainfall intensity and land use on soil and water loss in loess hilly region[J]. *Transactions of the CSAE*, 2009, 25(11): 85—90. (in Chinese with English abstract)

Study on runoff and sediment yield characteristics under different land uses in red soil area of Southern China

Wang Bangwen^{1,2}, Xiao Shengsheng², Zhang Guanghui¹, Yang Jie^{2*}, Zhang Lichao²

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China)

Abstract: Effects of different land uses /covers on soil and water loss processes under different rainfall types had great significance to guide vegetation construction and soil and water loss control. Responses of soil and water loss characteristics to rainfall types were studied using rainfall simulation under 8 land use types in red soil area of southern China. The results showed that there were obvious differences in soil and water losses between different land uses. Responses of soil and water losses to rainfall amount and rainfall intensity were quite different and depended on land uses. The order of controlling runoff was orchard>arid flat field>camellia forest>spoil ground>water and soil conversation forest>slope land>paddy field>bare soil. The order of controlling sediment was orchard> camellia forest>arid flat field> paddy field>bare soil> water and soil conversation forest>slope land>spoil ground. Therefore, orchard with soil and water conservation measures had the best benefit of soil and water conversation. Runoff amount of bare soil and sediment amounts of slope land and spoil ground were the biggest among eight land uses. No direct relationship was found between runoff and sediment. This study provides basic data and scientific foundation for soil and water conservation planning and comprehensive management of small watershed in red soil region of Southern China.

Key word: runoff, sediment, land use, water and soil loss, red soil