

不同覆盖措施对褐土养分流失的影响

李瀚之, 余新晓, 樊登星, 孙佳美, 常玉, 梁洪儒

(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 为探究不同覆盖措施对养分流失及其粒径分布的影响, 采用人工模拟降雨试验的方法, 模拟了不同雨强(30, 60 mm/h)和不同覆盖物(枯落物、砾石)下, 不同覆盖度对褐土坡面养分流失的影响, 并对侵蚀土壤的粒径分布、养分流失浓度进行了分析。研究表明:(1)不同覆盖措施均能有效减少土壤流失, 250 g/m²的枯落物和盖度为 50%的砾石覆盖可减少 91%~98%和 68%~91%的土壤流失。(2)褐土坡面下, 被侵蚀土壤中有机质、速效氮、速效磷的浓度基本不随覆盖条件的变化而变化, 而速效钾的浓度随坡面覆盖度的增加可增至裸地对照组的 144%~325%。(3)土壤中养分流失随坡面覆盖度增加而减少, 250 g/m²的枯落物和盖度为 50%的砾石覆盖可减少 64%~96%和 43.29%~94.39%的养分流失。(4)被侵蚀土壤的粒径显著小于侵蚀前土壤, 并且侵蚀模数越大, 被侵蚀土壤的粒径组成越接近于原状土。

关键词: 土壤侵蚀; 土壤养分流失; 覆盖措施; 模拟降雨

中图分类号: S157.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)03-0022-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2017.03.004

Effects of Different Mulching Methods on Soil Nutrient Loss in Cinnamon Soil

LI Hanzhi, YU Xinxiao, FAN Dengxing, SUN Jiamei, CHANG Yu, LIANG Hongru

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: To study the effects of different mulching methods on soil nutrient loss and soil particle size distribution, we simulated different rainfall intensities (30 mm/h, and 60 mm/h) and different mulching methods (litter, gravel) by an artificially simulated rainfall experimental system. The results showed that: (1) Both litter cover and gravel cover could reduce soil erosion effectively. A 250 g/m² litter cover and a 50% gravel cover could reduce soil erosion by 91%—98% and 68%—91%, respectively. (2) The concentration of organic matter, available nitrogen, and available phosphorus did not change with the variation of coverage, but the concentration of available potassium was increased to 144%—325% of that of the control group. (3) The total nutrient loss decreased with the increase of coverage. A 250 g/m² litter cover and a 50% gravel cover could reduce the nutrient loss by 64%—96% and 43%—94%, respectively. (4) The particle size of the eroded soil was significantly smaller than that of the soil before erosion, and the larger the erosion modulus, the closer the soil particle size was to the undisturbed soil.

Keywords: soil erosion; soil nutrient loss; mulching method; simulated rainfall

降雨造成的土壤侵蚀及其造成的非点源污染是目前我国面临的重大环境问题之一。降雨是土壤侵蚀的主要动力因子, 而土壤颗粒作为养分流失的载体, 随着径流侵蚀的迁移过程, 造成了土壤养分的再分配^[1]。近年来, 随着耕地施肥量的增加, 由农业活动引起的非点源污染已经引起社会各界的广泛关注^[2]。

影响土壤中养分迁移的因子有很多, 包括降雨、土壤类型、土壤前期含水量、地形、坡度、坡长、地表粗糙度、地表覆盖等^[3-7]。但是, 由于这些因子之间存在

交互影响, 不同的学者对其的研究结果并不完全一致, 因此对土壤中养分流失影响因子的定量研究一直是一个科学难题^[8-9]。在土壤养分流失中, 携带养分流失的泥沙粒径级随着各试验条件的不同也有显著差异。张冠华等^[10]研究表明, 侵蚀泥沙具有富集黏粒和富集养分的特征, 富集率随地面覆盖度的增大而增大。而霍洪江等^[11]在研究紫色土壤颗粒流失时发现, 被侵蚀土壤的粒径组成可以通过无定形氧化物对其养分含量造成影响, 并且粒径越小, 对养分的吸附

收稿日期: 2016-12-21

资助项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0500802); 国家自然科学基金项目(41401013); 科技创新服务能力建设—协同创新中心—林业生态环境功能提升协同创新中心(2011 协同创新中心, 市级, PXM2016_014207_000038)

第一作者: 李瀚之(1990—), 男, 博士, 主要从事土壤侵蚀与非点源污染方面研究。E-mail: lhz123950@163.com

通信作者: 余新晓(1961—), 男, 博士, 教授, 主要从事土壤侵蚀、森林水文方面研究。E-mail: yuxinxiao111@163.com

能力越大。我国对于养分流失的研究主要集中于南方紫色土和西北黄土地区,而对于北方褐土关注较少,本研究通过对侵蚀土壤的粒径及养分的测定和分析,研究了不同覆盖条件下褐土养分流失机理,比较了养分流失差异,以期为北方褐土土壤侵蚀和水土流失防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验装置

试验于2015年5—9月在北京林业大学鹫峰降雨大厅进行,试验采用规格为200 cm×50 cm×30 cm的变坡土槽,除下端集流口外其余3侧增高10 cm挡板,以防土壤溅出,土槽下端装有集流装置,用来收集径流侵蚀泥沙。降雨采用不锈钢材质的旋转下喷式自动模拟降雨系统,有效降雨高度12 m,降雨均匀度大于0.85,可模拟10~300 mm/h雨强。雨滴直径0.2~5.0 mm,降雨特性接近天然降雨。

1.2 供试材料

试验用土为北方典型褐色土壤,取自北京市昌平区。土壤风干后过1 cm筛,去除石块,植物根系等杂物。土壤含水率控制在10%左右,便于在装土入槽时控制土壤密度。土槽中土壤容重控制为1.34 g/cm³。所取土壤有机质含量为11.9 g/kg,速效氮、速效磷和速效钾含量分别为2.7,8.9,77.0 mg/kg,其粒径颗粒分布为:0~0.075,0.075~0.1,0.1~0.18,0.18~0.5,0.5~0.9,0.9~1.0 mm,所占百分比依次为3.52%,14.00%,18.06%,27.30%,24.22%,12.61%。

1.3 试验设计

试验用土过筛后按容重1.34 g/cm³每层10 cm的厚度分3层装入土槽之中,每层装填前将下层土壤抓毛以防土壤分层。每次降雨前24 h,以10 mm/h雨强进行预降雨,当坡面即将产流时,停止降雨,以保证每个试验组在试验前土壤含水量基本一致。

本试验条件下,坡度设定为10°,雨强设定为30,60 mm/h 2种雨强,覆盖设定为裸地及50,100,150,200,250

g/m² 5种不同覆盖度的枯落物和10%,20%,30%,40%,50% 5种不同的砾石覆盖度,共22组试验。每场试验自产流后开始计时,共进行1 h,试验时收集侵蚀产沙量,在实验室进行粒径及养分含量分析。

土壤养分含量分别测定有机质、速效氮、速效磷和速效钾4种指标。泥沙有机质测定用K₂Cr₂O₇容量法、速效氮的测定用碱解扩散法、速效磷的测定用NaHCO₃浸提钼锑抗比色法、速效钾的测定用乙酸铵提取火焰光度法^[12];粒径经过不同粒径级的土壤筛确定。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖条件对侵蚀产沙的影响

由图1可知,在不同雨强条件下,枯落物覆盖对土壤流失量有显著影响,土壤流失量随枯落物的增加而减小。雨强条件为30 mm/h时,50 g/m²枯落物覆盖相比裸地可以减少69%的土壤流失量。250 g/m²枯落物可以减少98%的土壤流失量;雨强条件为60 mm/h时,50 g/m²枯落物覆盖相比裸地可以减少18%的土壤流失量。250 g/m²枯落物可以减少91%的土壤流失量。在不同雨强下,砾石的覆盖度越大,土壤流失量越小。雨强条件为30 mm/h时,10%的砾石盖度相比裸地使土壤流失量略有上升,50%的砾石盖度可以减少91%的土壤流失量;雨强条件为60 mm/h时,10%的砾石盖度相比裸地可以减少19%的土壤流失量,50%的砾石盖度可以减少68%的土壤流失量。在不同覆盖条件下,土壤流失量均与覆盖物的质量或盖度成正相关关系。这是因为坡面覆盖可以有效减少雨滴击溅侵蚀,减少降雨对坡面土壤的直接破坏。而枯落物比砾石能更有效的减少土壤流失,是因为与砾石相比,枯落物的空间结构能更有效的减少雨滴对坡面的破坏并且可以更为有效的截留径流。同时,枯落物和砾石覆盖虽然都可以减少径流但其机理又有所不同,枯落物通过持水,延长径流时间来控制径流^[13-15],而砾石通过促进入渗来控制径流^[16-17]。

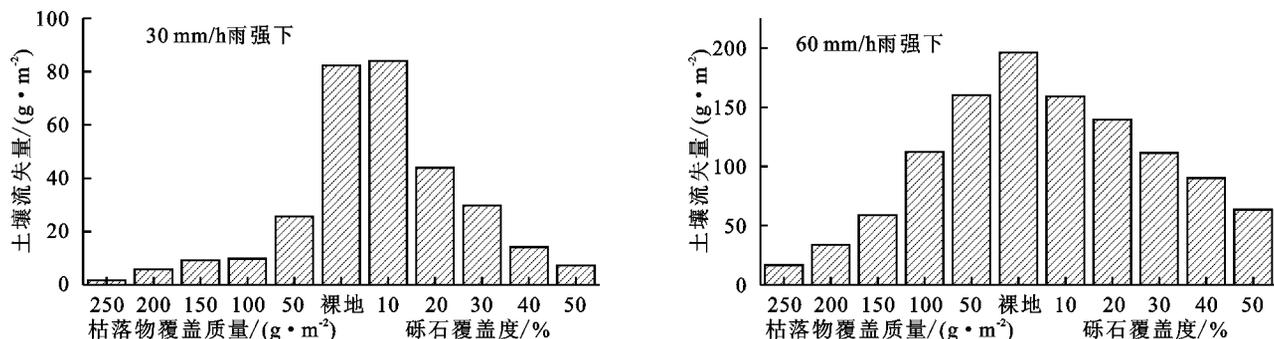


图1 不同覆盖条件下土壤流失量

2.2 不同覆盖条件对土壤养分损失的影响

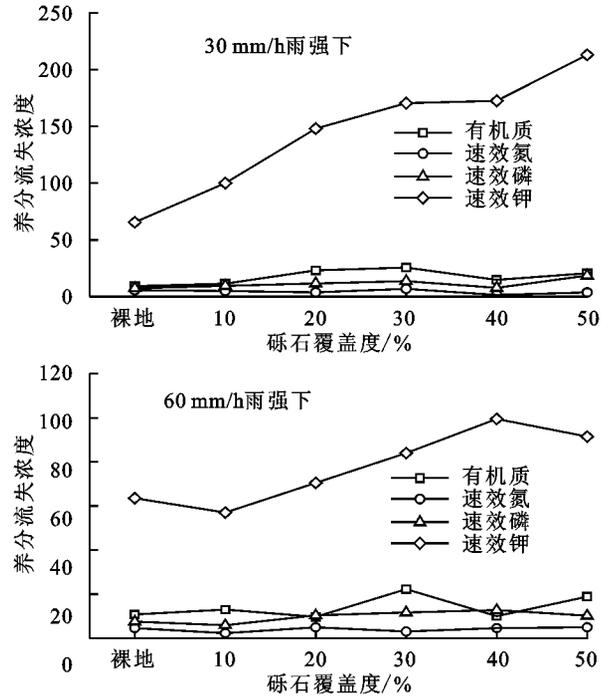
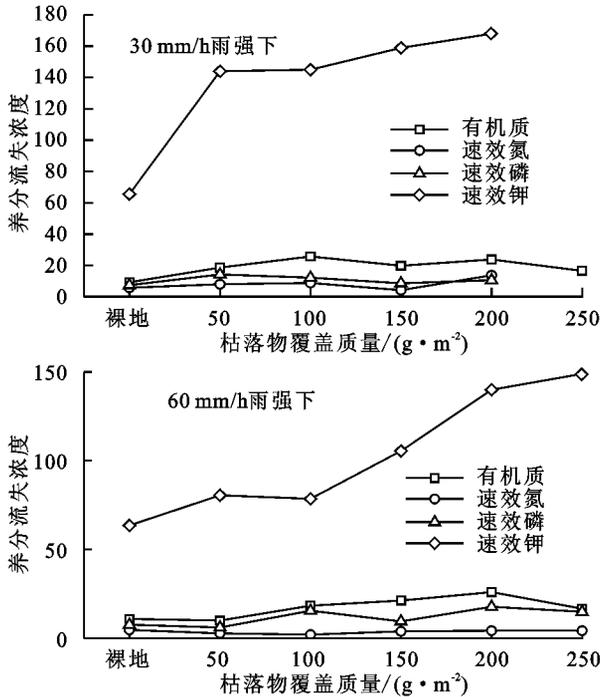
2.2.1 不同覆盖条件对养分流失浓度的影响 由图

2可知,当覆盖条件不变而降雨强度变大时,有机质、速效氮、速效磷和钾元素的养分流失浓度有所下降。

而有机质、速效氮、速效磷在流失土壤中的浓度基本不因覆盖条件的不同而变化,可能是由于研究采用的回填土^[18]。但是速效钾的在流失土壤中的浓度随坡面覆盖度的增大而增大,在试验条件下,相较于原土坡面,最高增大了 144%~325%,与上述营养元素规律有所不同。造成这种现象的原因一是由于北方褐土中富含速效钾^[19],易于观察规律;二是速效钾易吸附于粒径较小的土壤^[20]。已有研究表明,由于侵蚀

土壤细颗粒的比表面积大,更易富集养分^[21-23]。本研究进行了养分流失浓度和粒径分布的相关性分析,结果显示在 0~0.075 mm 粒径范围内,土壤流失量与养分流失浓度相关性最高, $R^2=0.528(p<0.05)$,而其他粒径分布 R^2 均低于 0.2。

本试验中雨强为 30 mm/h、枯落物覆盖为 250 g/m² 的试验组,由于产沙量较少,只测定了有机质含量,速效氮、速效磷和速效钾未能进行测得。

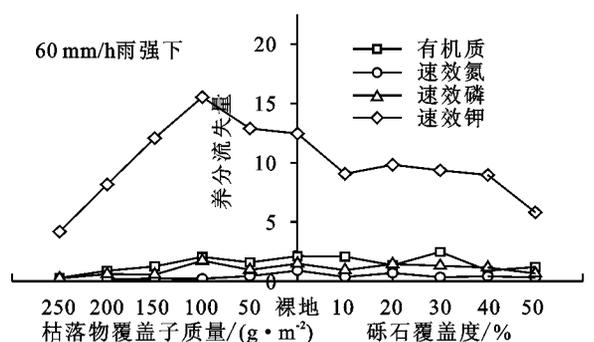
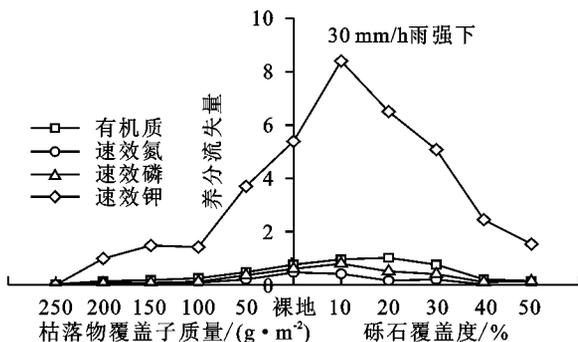


注:有机质流失浓度单位为 g/kg,速效氮、速效磷、速效钾流失浓度单位为 mg/kg。

图 2 不同覆盖条件下的养分流失浓度

2.2.2 不同覆盖条件对养分流失量的影响 由图 3 可知,在 30,60 mm/h 的雨强下,50%的砾石覆盖可分别使有机质、速效氮、速效磷和速效钾的流失量较裸地减少 80.56%,94.39%,77.97%,71.55%和 43.29%,64.94%,56.08%,53.36%。30 mm/h 雨强下,200 g/m² 的枯落物覆盖(250 g/m² 侵蚀量太少,样品不足以检测养分含量)可分别使有机质、速效氮、速效磷和速效钾的流失量较裸地减少 81.58%,82.79%,89.74%,81.61%;60 mm/h 雨强下,250 g/m² 的枯

落物覆盖可分别使有机质、速效氮、速效磷和速效钾的流失量较裸地减少 86.81%,92.15%,83.15%,66.42%。坡面覆盖在较低雨强条件下能够更好的保护土壤坡面,减少养分流失^[24]。与土壤流失相比,养分流失相对较高,这是由于在土壤养分流失过程中,覆盖措施下侵蚀土壤的养分含量高于裸地,但是覆盖能够有效控制控制土壤侵蚀量,因此,土壤养分流失量在覆盖条件下仍能得到有效控制,总体呈现出养分总量随坡面覆盖度增加而减小的规律。



注:有机质流失量单位为 g/kg,速效氮、速效磷、速效钾流失量单位为 mg/kg。

图 3 不同覆盖条件下的养分流失量

2.3 损失土壤粒径与土壤侵蚀的关系

对试验后所得泥沙样品过筛称重,进行粒径对比分析,本研究所取原状土粒径 >0.5 mm的土壤颗粒占到粒径百分比的38%,显著高于研究中侵蚀土壤。由图4可知,30 mm/h雨强下,枯落物覆盖试验组损失土壤粒径以0.075~0.1 mm为主,250 g/m²试验组侵蚀土壤的平均粒径为0.282 mm;砾石覆盖试验组损失土壤粒径以0.1~0.18 mm为主,50%的试验组侵蚀土壤的平均粒径为0.288 mm,相较于裸地(0.309 mm),侵蚀土壤粒径均值分别降低了0.027、0.021 mm。60 mm/h雨强枯落物覆盖试验组侵蚀土壤粒径分布较为均匀,粗颗粒较多,250 g/m²试验组侵蚀土壤的平均粒径为0.297 mm;

砾石覆盖试验组侵蚀土壤粒径以0.1~0.18 mm为主,50%的试验组侵蚀土壤的平均粒径为0.303 mm,相较于裸地(0.397 mm),侵蚀土壤粒径均值分别降低了0.100、0.094 mm。侵蚀土壤平均粒径组成呈现出随坡面覆盖度增加而降低的规律。60 mm/h降雨条件下的大颗粒侵蚀土壤所占百分比高于30 mm/h条件下的试验组。坡面覆盖物可以减少雨滴与土壤的直接接触,可以有效减轻降雨击溅侵蚀,并能减缓径流流速,降低径流冲刷能力。孙佳美等^[25-26]对坡面水力学参数的研究表明,坡面覆盖度的增加,能够有效降低径流剪切力和径流功率,因此,随着覆盖物盖度的增加,细小的土壤颗粒更容易被侵蚀。

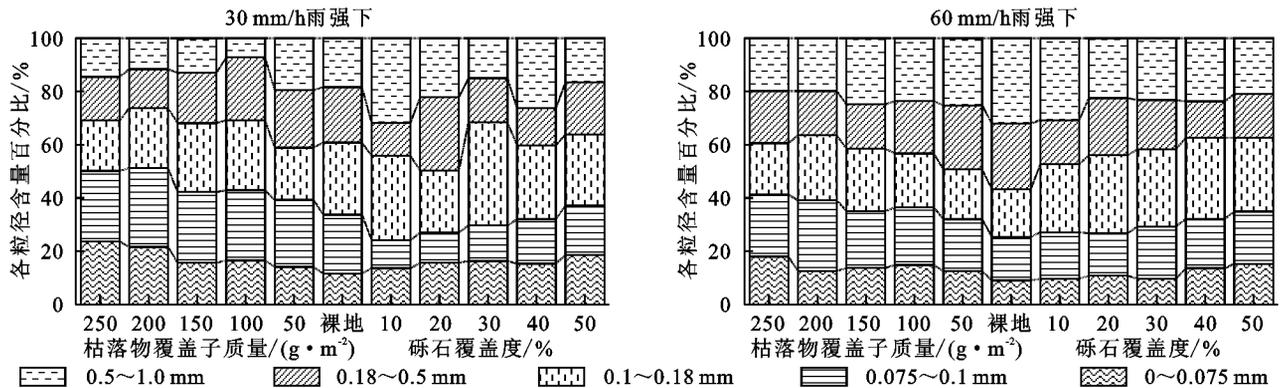


图4 不同覆盖下侵蚀土壤粒径分布

3 结论

(1)枯落物覆盖和砾石覆盖均能有效减少土壤及其养分离失,本试验条件下,在30 mm/h的雨强下,枯落物覆盖和砾石覆盖最大减蚀能力分别为98%、91%;在60 mm/h的雨强下,枯落物覆盖和砾石覆盖最大减蚀能力分别为91%、68%。

(2)褐土坡面侵蚀土壤中有机质、速效氮和速效磷的养分浓度随雨强的增大而减小,但基本不随覆盖条件的变化;而速效钾的浓度随坡面覆盖度的增加而增加,高覆盖度下,浓度可增至144%~325%。

(3)尽管侵蚀土壤中速效钾的浓度随坡面覆盖物的增加,但由于坡面覆盖能有效控制土壤侵蚀,因此土壤中养分离失基本依然呈现出随坡面覆盖度增加而减少的规律,250 g/m²的枯落物和盖度为50%的砾石覆盖可减少43.29%~94.39%的养分离失。

(4)发生土壤侵蚀时,细颗粒土壤被优先侵蚀,且侵蚀程度越轻,细颗粒土壤所占被侵蚀土壤百分比越大,随着侵蚀程度的增强被侵蚀土壤粒径组成有趋近于原土的趋势,250 g/m²的枯落物和盖度为50%的砾石覆盖能使侵蚀土壤粒径降低0.027~0.100 mm和0.021~0.094 mm。

参考文献:

[1] 周继. 人工模拟降雨条件下土壤颗粒变化及养分离失的

研究[D]. 重庆:西南大学,2009.

- [2] 朱兆良, Norse D, 孙波, 等. 中国农业面源污染控制对策[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [3] 钱婧, 张丽萍, 王小云, 等. 人工降雨条件下不同坡长和覆盖度对氮素流失的影响[J]. 水土保持学报, 2012, 26(5): 6-10.
- [4] 陈玲, 刘德富, 宋林旭, 等. 不同雨强下黄棕壤坡耕地径流养分输出机制研究[J]. 环境科学, 2013, 34(6): 2151-2158.
- [5] 李恩尧, 彭佩钦, 吴建平, 等. 红壤坡地泡桐林地表径流和养分离失研究[J]. 湖南林业科技, 2011, 38(2): 21-25.
- [6] 黄生斌, 刘宝元, 孙江, 等. 密云县密云水库流域坡耕地养分离失特征[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(3): 51-54.
- [7] 潘建平. 复杂地形区土壤侵蚀及其影响因子提取[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2009, 28(3): 614-618.
- [8] 吴电明, 夏立忠, 俞元春, 等. 坡耕地氮磷流失及其控制技术的研究进展[J]. 土壤, 2009, 41(6): 857-861.
- [9] 范建容, 刘飞, 郭芬芬, 等. 基于遥感技术的三峡库区土壤侵蚀量评估及影响因子分析[J]. 山地学报, 2011, 29(3): 306-311.
- [10] 张冠华, 刘国彬, 王国梁, 等. 黄土丘陵区两种典型灌木群落坡面侵蚀泥沙颗粒组成及养分离失的比较[J]. 水土保持通报, 2009, 29(1): 1-6.
- [11] 霍洪江. 紫色土侵蚀泥沙磷素释放特征: 以忠县、北碚为例[D]. 重庆:西南大学,2013.
- [12] 倪九派, 魏朝富, 高明, 等. 三峡库区坡耕地土壤养分离

- 失的实验研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 38-42.
- [13] 樊登星, 余新晓, 岳永杰, 等. 北京西山不同林分枯落物层持水特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(2): 177-181.
- [14] 齐记, 史宇, 余新晓, 等. 北京山区主要树种枯落物水文功能特征研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 73-77.
- [15] Zanchi F B, Waterloo M J, Dolman A J, et al. Influence of drainage status on soil and water chemistry, litter decomposition and soil respiration in central Amazonian forests on sandy soils[J]. *Ambiente E Água An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 2011, 6(1): 6-29.
- [16] 朱元骏, 邵明安. 含砾石土壤降雨入渗过程模拟[J]. 水科学进展, 2010, 21(6): 779-787.
- [17] 王慧芳, 邵明安. 含碎石土壤水分入渗试验研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(5): 604-609.
- [18] 赵玉丽, 牛健植. 人工模拟降雨试验降雨特性及问题分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 278-283.
- [19] 陈钦程, 徐福利, 王渭玲, 等. 秦岭北麓不同林龄华北落叶松土壤速效钾变化规律[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1243-1249.
- [20] 张少良, 张兴义, 刘晓冰, 等. 典型黑土区不同坡位剖面土壤速效钾空间分布规律研究[J]. 土壤, 2014, 46(2): 218-224.
- [21] 叶芝茵, 刘宝元, 符素华, 等. 土壤侵蚀过程中的养分富集率研究综述[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(1): 124-130.
- [22] 余雕, 吴发启. 坡耕地侵蚀泥沙养分富集规律研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 29-31.
- [23] 姚娜, 程艳辉, 蔡崇法. 紫色土氮养分富集实验研究[J]. 亚热带水土保持, 2013, 25(1): 14-18.
- [24] 夏立忠, 杨林章, 李运东. 生草覆盖与植物篱技术防治紫色土坡地土壤侵蚀与养分流失的初步研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 28-31.
- [25] 孙佳美, 李瀚之, 赵阳, 等. 构树林下枯落物对坡面流水动力学特性的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(3): 102-105.
- [26] 孙佳美, 樊登星, 梁洪儒, 等. 黑麦草调控坡面水沙输出过程研究[J]. 水土保持学报, 2014, 28(2): 36-39.

(上接第 21 页)

- [3] 张信宝, 王世杰, 贺秀彬, 等. 碳酸盐岩风化壳中的土壤蠕滑与岩溶坡地的土壤地下漏失[J]. 地球与环境, 2007, 35(3): 202-206.
- [4] 唐益群, 张晓晖, 周洁, 等. 喀斯特石漠化地区土壤地下漏失的机理研究: 贵州普定县陈旗小流域为例[J]. 中国岩溶, 2010, 29(2): 121-127.
- [5] 类延忠, 冯颖, 周宝同, 等. 岩溶地区水土流失强度的等级划分研究: 以毕节岩溶区为例[J]. 水土保持通报, 2013, 33(2): 221-225.
- [6] 刘发勇, 熊康宁, 兰安军, 等. 贵州省喀斯特石漠化与水土流失空间相关分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 60-64, 71.
- [7] 凡非得, 王克林, 熊鹰, 等. 西南喀斯特区域水土流失敏感性评价及其空间分异特征[J]. 生态学报, 2011, 31(21): 6353-6362.
- [8] 袁应飞, 戴全厚, 李昌兰, 等. 喀斯特典型坡耕地模拟降雨条件下的土壤侵蚀响应[J]. 水土保持学报, 2016, 30(3): 24-28.
- [9] 郭继成, 张科利, 董建志, 等. 西南地区黄壤坡面径流冲刷过程研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(6): 1102-1108.
- [10] 张明阳, 王克林, 陈洪松. 基于 RS 和 GIS 的喀斯特区域水土流失动态监测与分析: 以广西环江县为例[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 124-131.
- [11] 陈洪松, 杨静, 傅伟, 等. 桂西北喀斯特峰丛不同土地利用方式坡面产流产沙特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(16): 121-126.
- [12] 熊康宁, 盈斌, 罗娅, 等. 喀斯特石漠化的演变趋势与综合治理: 以贵州省为例[J]. 世界林业研究, 2009, 22(特刊): 18-23.
- [13] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 第一次全国水利普查培训教材之六: 水土保持情况普查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
- [14] Liu B Y, Zhang K L, Xie Y. An empirical soil loss equation[C]//Jiao Yuren. Proceedings of the 12th international soil conservation organization conference. Beijing: Tsinghua University Press, 2002: 21-25.
- [15] 张宏鸣, 杨勤科, 李锐, 等. 流域分布式侵蚀学坡长的估算方法研究[J]. 水利学报, 2012, 43(4): 437-444.
- [16] 李凤英, 何小武, 周春火. 坡度影响土壤侵蚀研究进展[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 229-231.
- [17] 李凤英, 何小武, 肖青亮, 等. 急陡坡土壤侵蚀试验研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 38-40, 44.