

上舍流域两种林地土壤结构与抗蚀性

吴胡强, 张雅坤, 张金池, 张水锋, 邵永昌, 庄家尧

(南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: [目的] 为了解土壤侵蚀的机理, 探究土壤抗蚀性与土地利用类型、土壤结构的关系。[方法] 以安徽省岳西县毛尖山乡上舍村典型小流域马尾松林 (*Pinus massoniana* Lamb) 和桑树林 (*Morus alba* L) 为研究对象, 在 0—40 cm 土壤深度范围内, 按照 10 cm 间隔分层取样, 室内测定土壤孔径、比表面积、崩解指数、不同径别 (<0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.0 和 2.0~2.5 mm) 根系长度特征。[结果] 土壤抗蚀性强弱表现为马尾松林大于桑树林。表层 0—10 cm 范围内, 桑树林地土壤根系小于马尾松土壤根系, 土壤的抗蚀性随着土层深度的增加而减小; 桑树林和马尾松林土壤根系主要分布在 0—30 cm 层次内, 而且 <1 mm 的根系长度由表层向深层递减, 土壤平均孔径随着深度的增加而减小, 而比表面积随着深度的增加而增大; 在 0—40 cm 深度马尾松各层次孔径分布呈分层现象, 而桑树林各层次土壤孔径分布差异不大。土壤孔隙度和土壤孔径越大, 土壤抗蚀性越强, 而土壤颗粒比表面积越大土壤抗蚀性越小; 通过 SPSS 分析得到桑树林地土壤抗蚀性与土壤根系质量在 0.01 水平上显著相关, 马尾松土壤平均孔径与土壤根系质量在 0.05 水平上显著相关。[结论] 降雨时, 由于马尾松林地地表覆盖均匀, 坡面产生壤中流下渗, 土壤 20 cm 以下分化明显, 不易透水, 导致下坡壤中流蓄满流出地表带出土壤颗粒。而桑树林地原为耕地无地表覆盖, 人为翻种活动频繁, 导致土壤层次性质相似, 表层土壤颗粒流失严重。

关键词: 小流域; 土壤抗蚀性; 土壤孔径; 土壤比表面积; 土壤根系质量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)01-0009-05

中图分类号: S157.1

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2015.01.003

Relationship Between Soil Structure and Soil Anti-erodibility Under Two Forest Types in Shangshe Catchment

WU Huqiang, ZHANG Yakun, ZHANG Jinchu, ZHANG Shuifeng, SHAO Yongchang, ZHUANG Jiayao
(College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

Abstract: [Objective] To understand the mechanism and characteristics of soil erosion, and the relationship between soil anti-erodibility and land use type. [Methods] Taking mulberry (*Morus alba*) garden and masson pines (*Pinus massoniana*) forest which are in Shangshe village, Yuexi County, Anhui Province as study objects. Collecting the soil at 0—40 cm level every 10 cm, measuring their porosity, specific surface area, disintegration index, root system characteristics. [Results] The soil anti-erodibility of masson pine forest was stronger than that of mulberry garden, and that in the range of 0—10 cm, mulberry soil root < masson pine roots in soil, the soil anti-erodibility decreased with the increasing of soil depth; Roots were mainly in the 0—30 cm level, and the root length decreased from the surface to the deep when the root diameter was less than 1 mm, and the soil average pore size decreased with depth increasing, and the specific surface area increased with depth increasing; Masson pines changed the soil pore diameter significantly at 0—40 cm level, and the distribution of pore diameter presented the stratification while the differences of different soil layers in mulberry garden were less. The larger the soil porosity and soil pore size were, the stronger the soil anti-erodibility was; and the larger the soil particles specific area was, the smaller the soil anti-erodibility was. Through the SPSS analysis, it was concluded that soil anti-erodibility and the roots quality were significant

收稿日期: 2014-06-10

修回日期: 2014-07-09

资助项目: 国家自然科学基金项目“安徽大别山区 GIS 支持下的土壤侵蚀模型研究”(31170663), “长三角水源区面源污染林业生态修复技术研究”(201104055-1); 江苏省林业优势学科资助项目; 江苏省水土保持与生态修复重点实验室资助

第一作者: 吴胡强(1990—), 男(汉族), 安徽省安庆市人, 硕士, 研究方向为水土保持。E-mail: 1048757625@qq.com。

通信作者: 庄家尧(1969—), 男(汉族), 安徽省滁州市人, 博士, 副教授, 主要从事森林水文学研究。E-mail: nlzjiayao@njfu.edu.cn。

correlation at the level 0.01 in mulberry garden. The average pore diameter and the root quality were significant correlation at the level 0.05 in masson pine forest. [Conclusion] During rainfall, the land is evenly covered by masson pine forest, subsurface flow infiltration happens on the slope with clear differentiation below 20 cm, resulting in interflow outflow with soil particles, but in mulberry garden there is no woodland ground cover, in addition to artificial replanting, resulting in similar levels of soil properties and serious soil particle loss.

Keywords: small watershed; soil anti-erodibility; soil pore size; specific surface area; roots quality

环境问题是当今社会关注的热点问题,而水土流失是目前人类面临的重要环境问题之一,是影响中国生态环境的第一大隐患^[1]。土壤侵蚀是世界上主要灾害之一。它破坏国土资源,造成干旱、洪涝,是土地退化的主要表现形式之一,是全球的生态问题。土壤抗蚀性是指土壤对侵蚀营力分散和搬运作用的抵抗能力,是评价土壤抵抗侵蚀能力的重要参数。土壤抗蚀性随着土壤的不同而变化^[2-4]。不同的土地利用方式反映了人与自然的一种相互关系,对地表径流,土壤通透性、地表植被盖度、土壤结构稳定性均有一定的影响^[5-8]。因此研究不同土地利用类型土壤性质的差异性,对合理配置土地资源,优化土地模式,开展可持续农业发展具有重要意义。不同的气候条件、土地利用方式、林木经营方式等影响着土壤的性质特征,进而也影响着土壤的抗侵蚀性能^[9]。在土壤侵蚀过程中,土壤性质对土壤侵蚀的发生和强度有着重要的影响,尤其在山区森林发挥着一定的水源涵养和土壤保持作用^[10-11]。在大别山区由于土地利用不当,其独有的土壤结构遭到破坏,从而导致了土壤渗透性和抗侵蚀性下降。加之近年来村民过度地开垦,人为樵伐、采药、放牧等活动的影响,存在着不同程度的土壤侵蚀现象,给当地生态环境和农业生产带来了一定的负面影响。目前有关大别山不同土地利用类型地区的土壤性质研究较少。本文通过野外调查和室内实验结合的方法,研究大别山地区桑树林地和马尾松林地土壤 4 个层次,分析对比 2 种类型土壤的崩解指数、土壤孔径、土壤比表面积、土壤孔隙度、根系直径和根系长度,以此来对桑树林和马尾松林土壤类型进行科学评价和资源利用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区上舍小流域位于安徽省岳西县毛尖山乡上舍村境内。地理位置 E116°,N34°,属于典型的亚热带季风气候。气温和降水的地域分布变化很小,年平均气温 14.6℃,极端低温-8℃,最高气温 30℃。年平均日照时间 1 200 h,年平均降水量 1 400 mm,年平均无霜期 212 d。土壤为片麻岩发育的山地黄棕

壤,平均有效土层厚度 60 cm,森林覆盖率 69%,多为原生植被遭破坏后形成的天然次生林和人工林,主要乔木植被类型有马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、杉木(*Cunninghamia lanceolata* Lamb.)、毛竹(*Phyllostachys edulis* H.)等。根据岳西县林业局提供的 1:10 000 森林普查地图资料,上舍村各植被类型如下:马尾松林 293.8 hm²,占小流域总面积的 55%;水稻田 78.4 hm²,占小流域总面积的 14.8%;坡耕地、杉木林(包括毛竹林)和茶树(*Camellia sinensis* Lamb.)面积分别为 44.1,45.9 和 65.8 hm²,分别占小流域总面积的 8.4%,8.7%和 12.5%。

1.2 样品采集

(1) 土壤样品采集。在上舍小流域内,选取成熟的马尾松林、桑树林作为研究对象。在各标准样地随机设定 5 个点,分别于 0—10,10—20,20—30,30—40 cm 土层取样,重复 3 次。在室内分析各个土层土壤孔径、比表面积等指标。

(2) 根系样品采集。在各样地内随机设定 5 个点,按照 0—10,10—20,20—30 以及 30—40 cm 的土层挖取 20 cm×20 cm×10 cm 的土壤样品。把根系从中拣出洗干净,室内测量各个土层植物根系的平均长度、质量等指标。

1.3 测定方法

(1) 土壤测定。按照国家标准法测定孔隙度。利用 V-Sorb X800 比表面积及孔径测试仪测量 0—10,10—20,20—30,30—40 cm 的风干土样的比表面积、孔径参数。

(2) 土壤抗蚀性测定。本次试验利用崩解指数这一指标来评价土壤抗蚀性。

崩解指数:

$$S = \frac{\sum P_i}{A} \times 100\%$$

式中: P_i ——第 i 分钟的分散土粒数($i=1,2,\dots$);
 A ——试验的土粒总数。

(3) 根系测定。利用根系扫描仪与 WinRHIZO Demo Images 2004 软件对洗净后的各样品根系进行处理,得出各样品根系的表面积、平均直径、每立方根总长度、总体积、根尖、直径在区域内的总长度等参数。

2 结果与分析

2.1 土壤孔径、比表面积特征分析

由图 1 可以明显看出, 马尾松土壤孔径大于 100 nm 孔隙随着土壤层次的加深在各土壤各层次所占比例下降, 20—30 与 30—40 cm 层次的土壤孔径分布基本一致。在 0—5 和 5—10 cm 层次土壤和径流场土壤孔径大于 100 nm 孔隙所占比例最大, 分别为 49.98%, 31.29% 和 30%, 而 10—20 和 20—30 cm 层次土壤为 50~100 nm 孔隙所占比例最大, 分别为 28.81% 和 28.71%。由于马尾松土壤 20 cm 以下土

壤层次分化明显, 为黏土层, 透水性低, 坡面壤中流在下层蓄满, 带出土壤颗粒导致马尾松径流场土壤和 10—20 cm 层次土壤大孔径分布完全吻合。

由图 1 可以明显发现, 桑树林和径流场土壤孔径分布十分相似, 径流场土壤和桑树林 0—10, 10—20, 20—30 和 30—40 cm 层次土壤, 土壤孔径 0~100 nm 所占比例都是依次增大, 在孔径为 50~100 nm 时达到最大, 分别是 31.19%, 30.46%, 29.30%, 28.87% 和 29.56%。在桑树林 0—40 cm 层次中土壤孔径大于 100 nm 者所占比例差异很小, 最大和最小的孔径分别为 14.96% 和 13.12%。

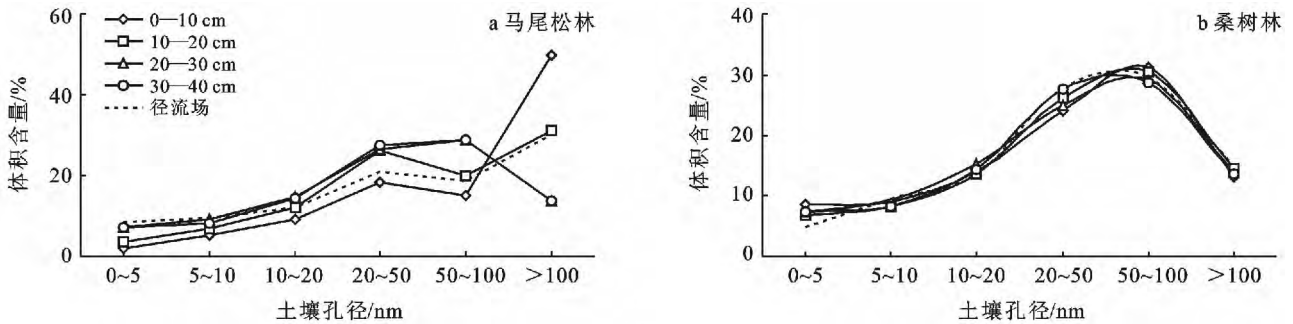


图 1 马尾松林和桑树林土壤孔径分布特征

在桑树林 0—10, 10—20, 20—30, 30—40 cm 土壤和径流场土壤颗粒孔径分布曲线相似, 可以推出以上土壤质地相似, 可能是人为采桑活动频繁因素, 导致地面腐殖质少, 从而影响各层次颗粒粒径差异不明显, 与母质相似; 而马尾松各层次土壤孔径分布差异

性很大, 且分层现象明显, 说明马尾松对土壤性质改造性显著。图 2 可以明显地发现, 不同土地利用类型土壤性质之间有着密切关系, 土壤平均孔径随着土层深度的增加而越小^[12], 而比表面积随着土层深度的增加而越大。

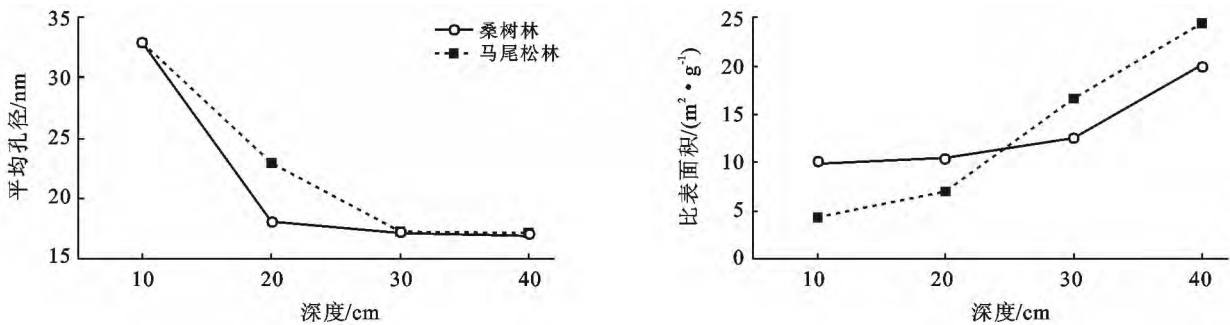


图 2 桑树林和马尾松林土壤平均孔径和比表面积分布

2.2 土壤抗蚀性与植被根系关系

朱显谟^[13]将土壤抗侵蚀性区分为土壤抗冲性和抗蚀性, 肯定了植物根系对增强土壤抗蚀性的作用。而不同林区根系在土壤中的分布特征不同, 进而对土壤结构和性能产生显著地影响, 而林区根系随着土壤土层加深而减少^[14]。

由图 3 可以明显地看出, 马尾松 10—20 cm 层次土壤根系直径 1~2 mm 的范围, 根系长度显著高于

表层和 20—30 cm 层次, 可能是因为马尾松林在该层次滋生杂根的缘故。

由图 3 看出, 各样地的根系主要分布在 0—30 cm 层次内, 而且在根径 < 1 mm 的根系长度由表层向深层递减。桑树林和马尾松 0—10 和 20—30 cm 土壤根系长度和根系直径呈良好的负相关关系。在表土层 (0—10 cm) 范围内, 根长的排列顺序为: 桑树林地 < 马尾松林地。

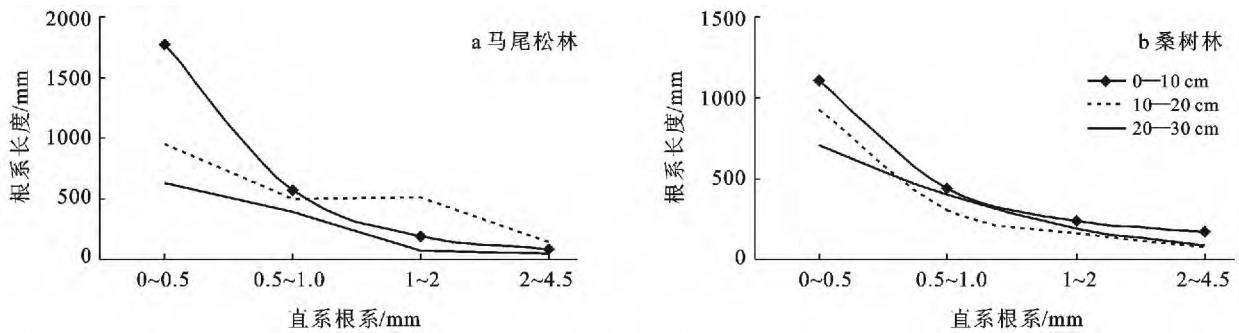


图 3 桑树林和马尾松林根系垂直分布特征

2.3 土壤孔隙度、孔径、比表面积、根系质量对抗蚀性的影响

对桑树林、马尾松林地的崩解指数(X_1),比表面积(X_2),平均孔径(X_3),土壤孔隙度(X_4),根系质量(X_5)共 5 项指标进行相关系数分析,结果见表 1—2。

表 1 马尾松土壤物理性质与抗蚀性相关性分析

相关系数	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	1.000	0.884	-0.575	-0.842	-0.516
X_2	0.884	1.000	-0.846	-0.893	-0.739
X_3	-0.575	-0.846	1.000	0.883	0.968*
X_4	-0.842	-0.893	0.883	1.000	0.891
X_5	-0.516	-0.739	0.968*	0.891	1.000

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关; ** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。下同。

表 2 桑树林土壤物理性质与抗蚀性相关性分析

相关系数	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	1.000	0.789	-0.762	-0.761	-0.991**
X_2	0.789	1.000	-0.523	-0.506	-0.765
X_3	-0.762	-0.523	1.000	1.000**	0.844
X_4	-0.761	-0.506	1.000**	1.000	0.843
X_5	-0.991**	-0.765	0.844	0.843	1.000

得到马尾松林地和桑树林地崩解指数与平均孔径(X_3)、土壤孔隙度(X_4)和根系质量(X_5)呈负相关,即抗蚀性与其呈正相关关系。可以看出,桑树林土壤抗蚀性与根系质量在 0.01 水平上显著相关,马尾松林地土壤平均孔径与根系质量在 0.05 水平上显著相关。

马尾松崩解指数与比表面积、土壤孔隙度的相关系数达到 0.884 和 -0.842,而桑树林土壤崩解指数与土壤比表面积、土壤孔隙度的相关系数只有 0.789 和 -0.762,说明不同土地利用类型比表面积、土壤孔隙度对抗蚀性的影响存在差异性。

2.4 土壤抗蚀性特征分析

土壤可蚀性是指土壤是否易受侵蚀破坏的性能,

是综合性因子,只能通过在一一定的控制条件下测定的土壤流失量或土壤性质的某些参数作为土壤可蚀性指标来评价土壤可蚀性。土壤抗蚀性的大小主要取决于土粒与水的亲和力及土粒间的胶结力,与土壤内在的理化性质关系紧密^[15]。

由图 4 表明,在 0—10, 10—20, 20—30, 30—40 cm 土层桑树林地的土壤崩解指数显著高于马尾松林地。在 20—30 cm 层次桑树林的土壤颗粒崩解指数是马尾松林地的 11 倍。这与吴淑安等^[16]研究认为具有植物根系的土壤,其崩解速率远比少根系的土壤的观点慢相符合。马尾松林 0—30 cm 层次土壤颗粒崩解均小于 1,表明马尾松林对该层次土壤影响显著。

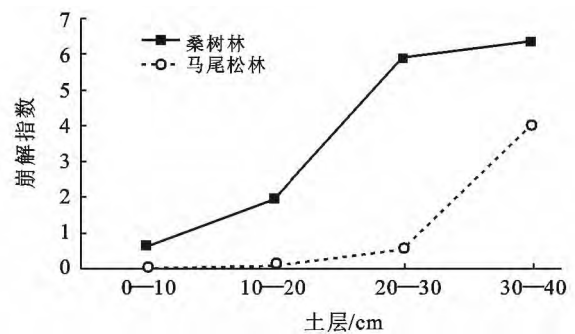


图 4 桑树林和马尾松林崩解系数比较

两种样地土壤崩解指数在垂直层面上随着土层深度的增加,崩解指数呈增大趋势,与刘旦旦等^[17]、周利军等^[18]的研究一致,说明随着深度的增加,土壤结构稳定性愈来愈弱,抗蚀性越来越弱。通过比较桑树林与马尾松林地各土层的土壤颗粒崩解指数发现:桑树林地的土壤颗粒崩解指数显著高于马尾松林地,说明马尾松林地土壤抗蚀性强于桑树林地土壤。这与刘旦旦等^[17]认为林地能够有效地增加土壤团聚体、有机质等具有胶结作用的物质,从而减少土壤的崩解量,有效地增强土壤的抗蚀性的观点相一致。

3 结论

(1) 土壤抗蚀性强弱表现为:马尾松林地>桑树林地。表层(0—10 cm)土壤范围内,根长的排列顺序为:桑树林地<马尾松林地。各样地土壤抗蚀性在垂直层面上的变化呈较明显的规律性,即随着土层深度的增加,抗蚀性呈减小趋势;两种土地利用类型根系主要分布在0—30 cm层次内,而且在<1 mm的根系长度由表层向深层递减,土壤平均孔径随着深度的增加而减小,而土壤比表面积随着深度的增加而增大。

(2) 在0—40 cm层次马尾松对土壤孔径影响显著,各层次孔径分布呈分层现象,而桑树林地各层次土壤孔径差异不大。土壤孔径越大,土壤抗蚀性越强,土壤比表面积越大,土壤抗蚀性越小。

(3) 桑树林土壤抗蚀性与土壤根系质量在0.01水平上显著相关,马尾松土壤平均孔径与土壤根系质量在0.05水平上显著相关。

(4) 降雨时马尾松林地坡面壤中流在下坡蓄满流出地表带出颗粒,导致马尾松径流场土壤和10—20 cm层次土壤大孔径分布完全吻合,而桑树林地人为翻种频繁,导致土壤层次性质相似,降雨时表层土壤颗粒流失严重。

[参 考 文 献]

- [1] 曲格平. 保护水土资源,改善生态环境,造福子孙后代[J]. 中国水土保持,1996(8):4-5.
- [2] 丁文峰,李占斌. 土壤抗蚀性的研究动态. 水土保持科技情报[J]. 2001,1(1):36-39.
- [3] 胡建忠,范小玲,王愿昌,等. 黄土高原沙棘人工林地土壤抗蚀性指标探讨[J]. 水土保持通报,1998,18(2):25-30.
- [4] 张超,刘国彬,薛蕙,等. 黄土丘陵区不同林龄人工刺槐林土壤抗蚀性演变特征[J]. 中国水土保持科学,2010,8(2):1-7.
- [5] 周萍,刘国彬,侯喜禄. 黄土丘陵区侵蚀环境不同坡面及坡位土壤理化特征研究[J]. 水土保持学报,2008,22(1):7-12.
- [6] 李民义,张建军,王春香,等. 晋西黄土区不同土地利用方式对土壤物理性质的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(3):125-137.
- [7] 朱利,王会,严冬春,等. 不同利用方式对紫色土理化性质的影响[J]. 山东林业科技,2012(4):51-52.
- [8] 连纲,郭旭东,傅伯杰,等. 黄土高原小流域土壤容重及水分空间变异特征[J]. 生态学报,2006,26(3):648-654.
- [9] David D Breshears, Jeffrey J Whicher, Mathew P Johansen, et al. Wind and water erosion and transport in semi-arid shrubland, grassland and forest ecosystems: quantifying dominance of horizontal wind-driven transport[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2003, 28(11):1189-1209.
- [10] 张丽珍,牛伟,郭晋平,等. 关帝山寒温性针叶林土壤营养状况与林下更新关系研究[J]. 西北植物学报,2005,25(7):1329-1334.
- [11] 宋阳,刘连友,严平,等. 土壤可蚀性研究述评[J]. 干旱区地理,2006,29(1):124-131.
- [12] Yukselen-Aksoy. Method dependency of relationships between specific surface area and soil physicochemical properties [J]. Applied Clay Science, 2010, 50 (2): 182-190.
- [13] 朱显谟. 黄土地区植被因素对水土流失的影响[J]. 土壤学报,1960,8(2):110-121.
- [14] 丁军,王兆骞,陈欣,等. 红壤丘陵地区林地根系对土壤抗冲增强效应的研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):9-12.
- [15] 薛蕙,李占斌,李鹏,等. 不同植被恢复模式对黄土丘陵区土壤抗蚀性的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(1):69-72.
- [16] 吴淑安,蔡强国,马绍嘉. 土壤抗蚀性试验研究[J]. 云南地理环境研究,1996,8(1):73-80.
- [17] 刘旦旦,张辉鹏,王健,等. 黄土坡面不同土地利用类型土壤抗蚀性对比[J]. 林业科学,2013,49(9):102-106.
- [18] 周利军,齐实,王云琦. 三峡库区典型林分林地土壤抗蚀抗冲性研究[J]. 水土保持研究,2006,13(1):186-216.