

南方红壤试验小区乔灌草多年水土保持效应比较

彭绍云¹, 顾祝军², 修平¹

(1. 福建省长汀县水土保持监测站, 福建 长汀 366300; 2. 南京晓庄学院 生物化工与环境工程学院, 南京 211171)

摘 要:不同植被水土保持效应的评估是水蚀区生态修复理论研究和决策的重要依据。基于我国南方典型水土流失区福建省长汀县河田镇 2003—2010 年葛藤、乳源木莲、胡枝子、百喜草、宽叶雀稗和对照共 6 个小区的逐月径流深度、土壤侵蚀量及对应的降雨数据,采用植被小区与对照小区的径流深度比值和土壤侵蚀量比值,研究不同植被小区的水土保持效应,并分析降雨对小区水土流失的影响。结果表明,由于植被结构以及根系和地表枯落物的差异,各植被的水土保持效应存在显著差异,植被的保水和保土效应均为葛藤和乳源木莲优于胡枝子和百喜草,而宽叶雀稗最差,各植被保水效应差异较保土效应差异更为明显。径流深度主要受降雨量的影响,不同植被小区径流深度与降雨量的线性关系方程决定系数(R^2)均在 0.9 以上;而土壤侵蚀量与降雨量的线性关系方程决定系数($R^2=0.3\sim0.8$)则因各小区植被覆盖的不同存在较大差异。研究结果可为当地和相似地域的植被重建工作提供参考。

关键词:效应; 植被类型; 径流; 土壤侵蚀; 多重比较

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)01-0025-05

Multiple Comparison of Effect of Tree, Shrub and Grass in the Plot on Soil and Water Conversation in the Red Soil Area of Southern China

PENG Shao-yun¹, GU Zhu-jun², XIU Ping¹

(1. Fujian Changting Soil and Water Conversation Observation Station, Changting, Fujian 366300, China;

2. School of Bio-Chemical and Environmental Engineering, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China)

Abstract: Assessing the effects of vegetation on soil and water conversation is the key basis for research and management of ecological restoration in water-eroded areas. In this study, the runoff depth, soil loss and corresponding precipitation of five plots planted with *Pueraria lobata*, *Lespedeza bicolor* Turcz, *Manglietia yuyuanensis* Law, *Paspalum natatu* Fliigge, *Paspalum wettsteinii* Hackel, respectively, and one control plot were observed monthly from 2003 to 2010 in Hetian Town of Changting County, Fujian Province, a typical water-eroded area in southern China. Then the effects of different vegetation on water/soil conversation (RE/SE) were determined using the ratios of runoff depth and soil loss in vegetated plots to the counterparts in the control plot. Meanwhile, the effect of rainfall on the soil and water loss was also analyzed. The results showed that the effects of *Pueraria lobata* and *Manglietia yuyuanensis* Law on soil and water conservation were better than those of *Lespedeza bicolor* Turcz and *Paspalum natatu*, while the effect of *Paspalum wettsteinii* Hackel was the worst. The differences of effects of water conservation were more significantly than those of soil conversation between five kinds of vegetation. The runoff depth was mainly affected by rainfall, and the determination coefficients (R^2) of linear regression models between rainfall and runoff depth of all planted plots were all greater than 0.9, whereas the determination coefficients of the linear regression models between rainfall and soil loss varied from 0.3 to 0.8 for different vegetation plots. These results provide a reference for vegetation reconstruction in the current and similar areas.

Key words: effect; vegetation type; runoff; soil erosion; multiple comparison

由于自然条件和历史原因,我国南方红壤水蚀区已成为仅次于黄土高原的严重水土流失区^[1],直接威胁着区域生态环境的健康,并很大程度上阻碍了区域社会经济的发展。植被是控制水土流失的关键因子^[2-3],植被恢复重建是治理水土流失的常用手段之一^[4],多年来,南方水蚀区的植被重建工作已广泛开展^[5-6]。而不同植被类型的水土保持效应,是水土保持工作中不可避免的问题。因此,植被水土保持效应的研究具有迫切的理论和现实意义。

近年来,植被水土保持效应研究广泛开展,如杨春霞等^[7]研究了裸地、紫花苜蓿(*Medicago sativa* Linn)草地和小叶女贞(*Ligustrum quihoui* Carr.)林地的水土流失差异,结果表明,草地的减水减沙作用最明显,与裸地相比减少产沙量 97.24%~99.63%,减少径流量 62.04%~80.46%,而受栽植活动的影响,刚栽植的灌木林地没有水土保持作用,且坡面上栽植密度越大水土流失越严重。左长清等^[8]对百喜草(*Paspalum natatu* Fliigge)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)和宽叶雀稗(*Paspalum wettsteinii* Hackel)三种草本的研究表明,植被的水土保持效应以百喜草最优,狗牙根居中,而宽叶雀稗最差,同时降雨量越大,各植被水土保持效应的差异越明显。范淑英等^[9]在红壤坡地上进行了葛藤(*Pueraria lobata*)和百喜草的水土保持和土壤改良效应对比研究,发现葛藤和百喜草能有效地提高土壤持水量,提高土壤 pH 值,增加土壤有机质和 N, P, K 含量,并大大减少径流量和土壤侵蚀量,而且葛藤的综合效果优于百喜草。吴大通等^[10]的研究表明,2 a 生的胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz)可减少土壤侵蚀 74.2%,若与草类配合,即在条沟之间种植百喜草带,当年就可有效地控制侵蚀。陈仁兴等^[11]则在马尾松(*Pinus massoniana*)林地设立了套种胡枝子、合欢(*Albizia julibrissin* Durazz)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)和黑荆(*Acacia mearnsii* de Wilde)的林地和对照 5 种小区,观测结果表明,套种胡枝子的林地径流系数比纯林减少了 12.1%,比未种植区减少了 19.8%,同时土壤侵蚀量几乎为零。其土壤侵蚀模数比未套种的纯林小近 5 倍,比未种植区小 11 倍多,套种胡枝子的林地生长情况亦最好。

综上所述,关于不同植被类型的水土保持效应研究已取得了丰硕成果。但现有研究多针对单一的乔木、灌木或草本植被,不同植被效应的比较以及与降雨的联系报道较少。同时,现有研究多基于径流和土壤侵蚀的绝对流失量,而这是影响水土流失诸因子综合作用的结果,用以比较植被的水土保持效应存在一

定的局限性。鉴于此,本文基于多年乔(乳源木莲)、灌(胡枝子)、草(葛藤、百喜草、宽叶雀稗)和对照小区的径流深度、土壤侵蚀量及对应的降雨数据,计算植被覆盖小区和对照小区的逐月径流深度比值和土壤侵蚀量比值分别作为植被小区的保水和保土效应值,用多重比较法分析不同植被小区水土保持效应的差异,并探讨各植被小区水土流失量与降雨量的关系,以期水土保持研究和管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究小区位于福建省长汀县河田镇(25°38′17.9″N, 116°27′35.7″E),是福建省水土流失最严重的地区之一。属中亚热带季风气候,年平均气温 17~19.5℃,史上最高气温 39.8℃,最低气温 -4.6℃。年均降雨量 1 621 mm,但季节分配极不均匀,其中 4—6 月降雨量可占全年的 50%,7 月、8 月的降雨多为午后短暂的暴雨,1 月和 10 月的降雨量最少。地貌以风化层深厚的低山丘陵为主,主要分布于山地的边缘和盆谷的周围,坡面在自然力作用下易发生表土流失。土壤为花岗岩风化形成的山地红壤,在年内“暴雨—干旱”的周期性作用下,风化作用十分强烈,易受侵蚀。本区地带性植被为中亚热带常绿阔叶林,主要树种有甜槠(*Castanopsis eyrei*)、青冈栎(*Quercus glauca*)、石栎属(*Lithocarpus* sp.)和中华杜英(*Elaeocar chinensis*)等。但由于历史上严重的毁林开荒,阔叶林已破坏殆尽,现有重建植被主要是马尾松(*Pinus massoniana*)。林下植被主要有胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz)、黄瑞木(*Adinandra millettii*)和芒萁(*Dicranopteris dichotoma*),还有少量小叶赤楠(*Syzygium grijsii*)和卡氏乌饭(*Vaccinium carlesii*)等灌木。而在水土流失严重地段几近为裸地,灌草覆盖度极低。

1.2 小区建立

于 2002 年 11 月同时建立 5 个植被小区和 1 个裸地对照共 6 个土壤侵蚀试验小区。所有小区分布于河田镇露湖生态园东北坡,毗邻小区间隔约 3 m。小区土壤皆为发育于花岗岩母质的山地红壤,坡面平整,坡度统一为 23°,投影大小 5 m×20 m。所有小区设封闭径流池用于收集地表径流和泥沙。5 个植被小区分别以小水平沟栽种葛藤(*Pueraria lobata*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz)、乳源木莲(*Manglietia yuyuanensis* Law)、百喜草(*Paspalum natatu* Fliigge)和宽叶雀稗(*Paspalum wettsteinii* Hackel),对照小区无植被覆盖(图 1),各小区盖度在各年均保持一致。

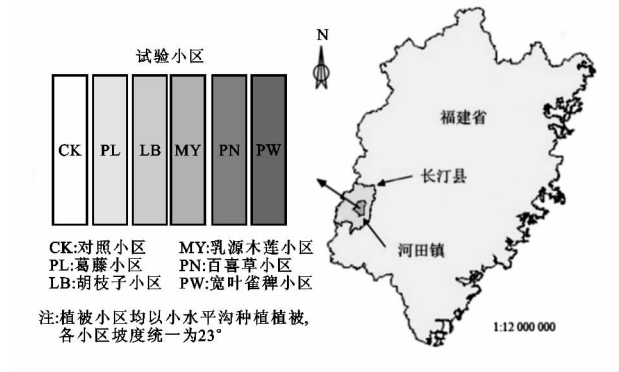


图 1 试验小区地理位置及布局示意图

1.3 小区观测和数据分析

试验小区从 2003 年 1 月起每月观测一次,历次降雨数据从降雨自计曲线中读取,该数据来自设在试验小区附近的气象观测站。用每次测量得到的径流池水位乘以水池底面积,再除以小区投影面积可得到历次降雨产生的小区地表径流深度,而每次用烘干法测得的小区泥沙量与悬移质之和,作为小区每月产生的土壤侵蚀量。2006 年和 2009 年的百喜草和宽叶雀稗小区数据因故缺失。

参考 USLE 方程中植被控制与管理因子 C 值的定义^[12],用每月有植被小区与对照小区的地表径流深度比值表征小区植被的保水效应(RE),用每月有植被小区与对照小区的土壤侵蚀量比值表征小区植被的保土效应(SE)。比较不同植被类型水土保持效应时,利用单因子方差分析法,以植被类型作为因素变量,RE 和 SE 值为因变量,选择 Duncan 多重比较法检验一致性子集^[13]。在分析降雨与水土流失量之间的关系时,按月份统计 7 a 的降雨量、径流深度和土壤侵蚀量,然后以降雨量为自变量,径流深度或土壤侵蚀量为因变量,分别建立降雨量与径流深度及土壤侵蚀量之间的一元线性关系模型。统计与分析工作均借助 SPSS 17.0 完成。

2 结果与分析

2.1 保水效应

不同年度的试验区径流深度(图 2)说明,除 2009

年百喜草和宽叶雀稗数据未测外,7 a 间各小区径流深度共为 6 375.5 mm。各小区径流深度差异较大,对照小区(1 419.5 mm)7 a 间径流深度高于其他小区,乳源木莲(935.1 mm)和葛藤小区(904.7 mm)最少且相当。

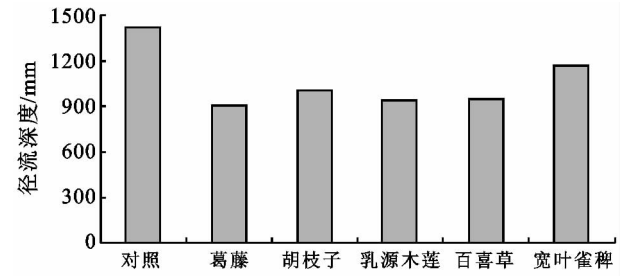


图 2 试验小区 7 a 径流深度总和

径流深度反映了小区地表径流的绝对量,但由于植被保水负效应的存在^[14]和降雨、地形和土壤等背景因素的影响^[15],用径流深度表征区域植被的保水效应存在一定的不确定性。保水效应值 RE 能在一定程度上消除负效应和背景因素的影响,RE 越小,说明保水效应越强。统计 5 种植被小区 7 a 的 RE 均值和标准差,利用单因子方差分析中 Duncan 法对同年不同植被小区 RE 值进行多重比较(表 1),发现各植被小区呈现出不同的保水效应。从 7 a 平均 RE 来看,保水效应最好的植被类型是葛藤(0.63)和乳源木莲(0.66),这一方面是因为二者均扎根深,根茎发达,利于疏松土壤,增加土壤的孔隙度、加大水分渗透^[8,16],另一方面由于枯枝落叶量大,对降雨的拦蓄能力强^[17],雨水也容易迅速下渗^[18],故二者减少地表径流的效果优于其他植被。胡枝子和百喜草的保水效应值分别为 0.70 和 0.77,这两类植物的根系发达程度和枯落物量均不如葛藤和乳源木莲,故保水效应稍差。而宽叶雀稗的 RE 为 0.94,据观测,宽叶雀稗在研究小区中生长缓慢且退化明显,故与其它植被类型的保水效应差异明显。总体来说,各小区的植被都起到了一定程度的保水作用,但保水效应存在显著的组间差异,即葛藤和乳源木莲最优,胡枝子和百喜草其次,而宽叶雀稗最差。

表 1 各植被小区水土保持效应(RE/SE)统计及多重比较结果

效应类型	植被类型				
	葛藤	胡枝子	乳源木莲	百喜草	宽叶雀稗
保水效应	0.63±0.24a	0.70±0.21ab	0.66±0.37a	0.77±0.39ab	0.94±0.32c
保土效应	0.62±0.39a	0.71±0.45a	0.70±0.64a	0.85±0.79a	1.47±1.06b

注:表中数据为平均值±标准偏差,同一行字母不同者表示达到显著差异($P<0.05$)。

2.2 保土效应

各年间试验区逐月土壤侵蚀量(SL/kg)如图 3 所

示。2003—2010 年间,各小区共产生土壤侵蚀量 6 375.5 kg,且各植被小区间土壤侵蚀量差异明显,对

照(578.5 kg)和宽叶雀稗小区(578.0 kg)7 a 的土壤侵蚀总量明显高于其它小区,胡枝子(370.1 kg)其次,乳源木莲、百喜草和葛藤小区较低,所占比例都接近 13%。类似于保水效应,保土效应值 SE 可在一定程度上消除植被保土负效应^[19-20]和背景因素^[15]的影响,SE 越小,保土效应越好。由 7 a 数据分析(表 1)可得,除宽叶雀稗小区外各小区总体上都起到了减沙作用,各植被保土效应的排序与保水效应一致,其中保土效应最好的植被为葛藤(0.62)和乳源木莲(0.70),二者发达的根系和大量的枯落物能很好地减少地表径流对地表的冲刷^[9,16-17]并提升土壤渗透性^[21]。胡枝子(0.71)和百喜草(0.85)保土效应其次。葛藤、乳源木莲、胡枝子和百喜草这 4 种植被之间并没有明显的差异,而宽叶雀稗(1.47)由于退化原因保土效应最差,且出现了保土负效应,从而明显区别于其他植被。上述分析表明,各植被的保土效应差异不如保水效应明显。另外,除宽叶雀稗的保土效应值明显高于保水效应值外,其他植被保土效应值与保水效应值接近。

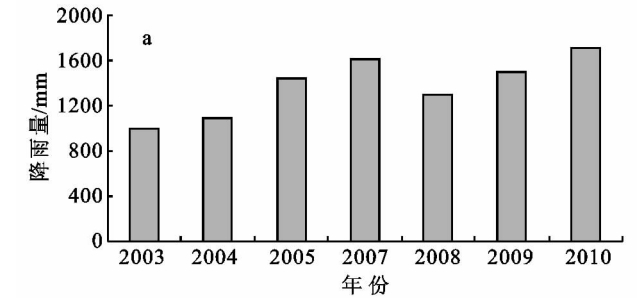


图 4 年度和月份降雨量分布 (a 图为年降雨量之和,b 图为各年该月降雨量的平均值±标准差)

由于降雨量在月份间差异显著,故而选择以月尺度分析水土流失量与降雨量之间的关系。建立水土流失量与降雨量之间的一元线性关系方程如表 2 所示,方程决定系数(R^2)和显著性水平(Sig.)均较好。方程斜率均为正值,显示水土流失量与降雨量的正相关关系。各植被小区径流深度与降雨量的关系方程决定系数在 0.896(乳源木莲)到 0.925(百喜草)之间,彼此相差不大。而各植被小区土壤侵蚀量与降雨量的关系方程决定系数相对较低,除对照(0.802)和宽叶雀稗(0.742)小区决定系数较高外,其他均在 0.357(葛藤)到 0.581(百喜草)之间。由上述分析可知,降雨对径流深度较对土壤侵蚀量的影响更为明显,并且植被保土效应较差,该植被小区土壤侵蚀量与降雨的关系越密切。

在研究水土流失与降雨量关系过程中,本文也采用了水土保持效应值(RE/SE)代替水土流失量绝对值(RD/SL)建立方程,但方程拟合效果很差($R^2 < 0.2$,

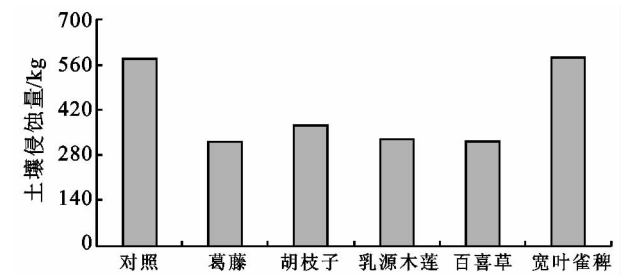
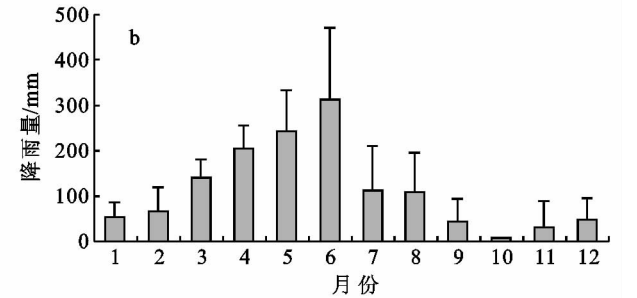


图 3 试验小区历年土壤侵蚀量总和

2.3 降雨量与水土流失量的关系

2003—2010 年的 7 a 间(2006 年未观测),年度和月份平均雨量分别为 1 376.6 mm 和 114.7 mm。7 a 中降雨量以 2010 年(1 709.0 mm)最高(图 4a),2003 年(996.0 mm)最低。各年降雨量差异较小,离散系数为 0.191,总体上降雨量处于增长趋势,2003—2007 年间持续增长,在 2008 年出现转折,后 2 a 则继续增加。试验区降雨主要集中在 3—8 月份(图 4b),占总体雨量的 81.5%。其中 6 月是全年降雨最集中的月份,占总体雨量的 22.8%。月份间降雨量差异尤其明显,其离散系数达 0.823。



$p > 0.1$)。可见,水土保持效应值不适于水土流失与降雨量关系的分析,而这正是因为水土保持效应值消除了包括降雨在内的背景因素,突出了植被对水土流失的影响。

表 2 降雨量与不同植被小区水土流失量(RD/SL)的关系				
类别	小区	方程	决定系数(R^2)	显著性水平(Sig.)
降雨量与径流深度	对照	$y=0.142x+4.956$	0.919	0.000
	葛藤	$y=0.092x+1.744$	0.917	0.000
	胡枝子	$y=0.097x+6.765$	0.912	0.000
	乳源木莲	$y=0.094x+2.848$	0.896	0.000
	百喜草	$y=0.102x-2.119$	0.925	0.000
	宽叶雀稗	$y=0.126x-3.650$	0.924	0.000
降雨量与土壤侵蚀量	对照	$y=0.053x+5.902$	0.802	0.000
	葛藤	$y=0.026x+5.736$	0.342	0.040
	胡枝子	$y=0.027x+9.508$	0.487	0.012
	乳源木莲	$y=0.023x+8.921$	0.493	0.011
	百喜草	$y=0.031x+2.413$	0.581	0.004
	宽叶雀稗	$y=0.056x+3.330$	0.742	0.000

y 为径流深度(RD,mm)或土壤侵蚀量(SL,kg),x 为降雨量(mm)。

3 结 论

基于福建省长汀县河田镇 2003—2010 年间葛藤、乳源木莲、胡枝子、百喜草、宽叶雀稗和对照 6 个试验小区的径流深度、土壤侵蚀量及对应的降雨数据,分析了不同植被类型小区的水土保持效应以及降雨对水土流失的影响。结果表明,植被的保水和保土效应均以葛藤和乳源木莲小区优于胡枝子和百喜草,而宽叶雀稗最差,并且各植被之间的保水效应差异较保土效应明显。径流深度主要受降雨的影响,不同植被小区径流深度与降雨量的线性关系方程决定系数(R^2)均在 0.9 以上且彼此接近。而土壤侵蚀量与降雨量的线性关系方程决定系数($R^2=0.3\sim 0.8$)则因各小区植被的不同存在较大差异,并且植被保土效应越差,该植被小区土壤侵蚀量与降雨的关系越密切。以上研究结果可为南方红壤水蚀区植被恢复重建的理论研究和管理决策提供参考依据。

参考文献:

- [1] 赵其国. 我国红壤的退化问题[J]. 土壤, 1995, 27(6): 281-286.
- [2] 王兮之, 梁钊雄, 周显辉, 等. 黄河源区玛曲县植被覆盖度及其气候变化研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 57-65.
- [3] 程龙飞, 李林燕. 库区坡面植被水土保持生态建设模式[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 251-260.
- [4] Yetemen O, Istanbuluoglu E, Vivoni E R. The implications of geology, soils, and vegetation on landscape morphology: inferences from semi-arid basins with complex vegetation patterns in Central New Mexico, USA[J]. Geomorphology, 2010, 116(3/4): 246-263.
- [5] 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.
- [6] 冉大川, 张志萍, 罗全华, 等. 大理河流域 1970—2002 年水保措施减洪减沙效益深化分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 17-23.
- [7] 杨春霞, 姚文艺, 肖培青, 等. 不同立地条件下坡面水土流失的差异化试验研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1): 222-224.
- [8] 左长清, 马良. 几个草种的水土保持效应研究[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(4): 619-623.
- [9] 范淑英, 吴才君. 野葛对红壤坡地水土保持和改良土壤效应的研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 141-143.
- [10] 吴大通, 龚洁, 王维明, 等. 侵蚀劣地胡枝子栽培技术及水土保持效应[J]. 福建水土保持, 2002, 14(2): 27-29.
- [11] 陈仁兴, 王益和. 胡枝子水土保持效应分析[J]. 福建水土保持, 2002, 14(3): 56-58.
- [12] Renard K G, Foster G R, Weeies G A, et al. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)[C]// United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA Handbook No. 703, Washington DC, USA. : United States Government Printing Office, 1997.
- [13] 苏均和. Duncan 多重比较及数据补缺法及其应用[J]. 上海统计, 2003(3): 23-24.
- [14] Cantón Y, Solé-benet A, de Vente J, et al. A review of runoff generation and soil erosion across scales in semi-arid south-eastern Spain[J]. Journal of Arid Environments, 2011, 75(12): 1254-1261.
- [15] 顾祝军. 水蚀区“林下流”发生机理与植被恢复度的遥感监测研究[D]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2008.
- [16] 字淑慧, 吴伯志, 段青松, 等. 非洲狗尾草防治坡耕地水土流失效应的研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 183-185.
- [17] 杨吉华, 武善举, 王彭, 等. 葛藤保持水土效益的研究[J]. 山东林业科技, 1990(4): 37-40.
- [18] 喻荣刚, 左长清, 杨洁, 等. 红壤侵蚀区几种水土保持林水文效应研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(6): 194-198.
- [19] Kinnell P I A. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: a review[J]. Journal of Hydrology, 2010, 385(1/4): 384-397.
- [20] de Baets S, Poesen J, Knapen A, et al. Root characteristics of representative Mediterranean plant species and their erosion-reducing potential during concentrated runoff[J]. Plant and Soil, 2007, 294(1): 169-183.
- [21] 谢颂华, 郑海金, 杨洁, 等. 南方丘陵区水土保持植物措施减流效应研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 35-38.