

## 植被恢复过程对丘岗红壤侵蚀量变化的影响

彭珍宝<sup>1</sup>, 袁正科<sup>2</sup>, 旷建军<sup>1</sup>, 袁穗波<sup>2</sup>, 范水平<sup>1</sup>, 吴雯雯<sup>2</sup>

(1. 湖南省南岳树木园, 湖南 衡阳 421900; 2. 湖南省林业科学院, 长沙 410004)

**摘 要:**为给南方红壤水土流失区植被恢复提供科学依据,研究了植被恢复过程对南方红壤土壤侵蚀量变化过程的影响。①无论是自然坡造防护林还是坡改梯造经济林,在幼林、郁闭形成和林分结构形成阶段,均出现水土流失量明显减少、快速减少和急剧减少的变化过程;②自然坡按2:1:1:1配置的防护林、用材林、经济林和薪炭林体系,乔灌木草搭配,至第7年,土壤侵蚀量可降至 $0.0342\text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ;坡改梯造林至林分郁闭、结构形成后(造林第6年),土壤侵蚀量均小于 $0.029\text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。③坡改梯造林的前3年间种作物者土壤侵蚀量可降低44.65%~51.45%。

**关键词:**红壤;植被恢复;水土流失量;变化过程;容许流失量

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0380-04

## The Influence of Vegetation Resume Process on Erosive Volume of Red Soil in the Hill

PENG Zhen-bao<sup>1</sup>, YUAN Zheng-ke<sup>2</sup>, KUANG Jian-jun<sup>1</sup>, YUAN Sui-bo<sup>2</sup>, FAN Shui-ping<sup>1</sup>, WU Wen-wen<sup>2</sup>

(1. Nanyue Arboretum of Hu'nan, Hengyang, Hu'nan 421900, China;

2. Hu'nan Forestry Institute for Research, Changsha 410004, China)

**Abstract:** In order to offer the scientific foundation of vegetation resume, the influence of vegetation resume process on the corrosive volume of red soil in the south China was researched. (1) in the young forest phase, lush and shut form phase and woods frame form phase both in the shelter belt and economic forest, such movement process of washed-away tolerance as distinct decrease, fast decrease and rapid decrease were appeared. (2) in the nature slope that schemed according to 2:1:1:1 by fence forest, timber forest, economic forest and firewood forest, the erosive volume of soil reduced to  $0.0342\text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ . the slope-changed-to-terrace forest, the corrosive volume of soil reduced to  $0.029\text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ . (3) in the former 3 years of slope-changed-to-terrace forest, the erosive volume of soil can be reduced by 44.65%~51.45%.

**Key words:** red soil; vegetation resume; washed-away volume of water and soil; washed-away tolerance; movement process

红壤是南方一个重要的土壤类型,水热资源丰富<sup>[1]</sup>,是中国重要的农业生产基地之一,但水土流失严重,成为生产力发展的制约因素<sup>[2~4]</sup>。南方红壤区域的水土流失规律及植被恢复对其的影响,一直是人们研究的重点,也有学者研究和探讨了南方红壤的容许流失量<sup>[10,17]</sup>,但对水土流失区在植被恢复过程中,什么样的植被结构和恢复能使退化土壤的侵蚀量控制在允许值之内却研究较少。为此,我们结合15 a的国家科技攻关项目试验示范区生态定位的观测和研究,探讨了丘岗红壤侵蚀量这个问题。

### 1 试验设置与方法

#### 1.1 试验设置

##### 1.1.1 黄塘试验区概况与设置

(1)试区概况:黄塘小流域,总面积 $3.27\text{ km}^2$ ,人均耕地 $0.087\text{ hm}^2$ ,试验前森林覆盖率9.8%,水土流失面积49.2%,平均土壤侵蚀模数 $5718.81\text{ t}/\text{km}^2$ <sup>[7]</sup>。小流域内最高海拔120 m,相对高差67 m,流域内存在着第四纪红土发育的红壤和紫色页岩、紫色砂岩发育的紫色土两种类型。两

种母岩发育的土壤类型在分布区边界清楚。在红壤区域,选择流域东面西南坡封闭的小集水区设置测流堰。测流堰控制区集水面积 $0.018\text{ km}^2$ ,坡度 $12\sim 16^\circ$ ,土层厚度40~100 cm,80.5%为荒地和近裸地,植被覆盖率小于5.0%,坡耕地占9.5%,灌木草丛面积占10.0%,木本植物有稀疏的马尾松(*Pinus massoniana*)、白栎(*Quercus fabri*)、油茶(*Camellia oleifera*)、桉木(*Loropetalum chinense*)、草本植物有白茅(*Imperata koenigii*)、假俭草(*Eremochloa hiuroides*)等。亚热带季风气候,水热期基本同步,降水量 $1203\sim 1438\text{ mm}$ ,大雨、暴雨多集中在4~7月。

(2)试验设置:①在小流域内居中位置的山顶部建气象观测站1个,主要观测降水、温度、湿度、风速、风向、蒸发量、地温等。根据研究面积的大小布设雨量点。6个雨量计均放置在离林缘距离约等于树高的1~2倍处。②测流控制区采用沉砂池加三角槽测流。三角测流槽沟底比降为1%,三角槽能测的最大水深为0.7 m,可测最大洪峰流量为1.609

收稿日期:2006-11-01

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2004BA510130106)

作者简介:彭珍宝(1971-),男,湖南祁东人,高级工程师,主要从事森林生态研究。

m<sup>3</sup>/s,略大于控制区 30 a 一遇洪水流量 1.12 m<sup>3</sup>/s。③在测流控制区内根据植被配置模式,修 20 m×5 m 径流场 21 个。

1.1.2 英陂试区概况与设置

(1)试区概况:位于北纬 26°56′30″~26°57′40″,东经 112°22′7″~112°24′40″,离黄塘小流域 30 km,境内地形破碎,丘岗冲田复式分布,海拔 63~117 m,坡度 11~15°,土壤为红壤;1996 年,在试验区进行坡改梯,梯面宽 2.0~2.5 m,局部地方有 1~3°的起伏坡地,筑梯当年栽种板栗。坡地开垦前为水土流失严重的油茶残林和马尾松残林地。坡改梯 1 a 后土壤侵蚀模数 6 477.80 t/(km<sup>2</sup>·a)<sup>[9]</sup>。

1.2 试验方法

1.2.1 黄塘试区配置与观测方法

(1)林种和树种配置。黄塘小流域防护林体系结构配置试验区,自然坡面配置。测流堰控制区按 2:1:1:1 比例配置防护专用林、防护型用材林、防护型经济林和防护型薪炭林。树种为湿地松(*Pinus elliotii*)、江南桫木(*Alnustrabe culosa*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)、黄栀子(*Gardenia jasminoides*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)等;草本为百喜草(*Paspalum notatum*)。1991 年冬造林,1993 年春种草。造林密度 2 m×3 m,乔、灌、草结合构建多层结构。

(2)主要观测方法。首先对不同模式集水区的测流槽观测站点进行登记、编号。采用自记式雨量计记录降水量;采用自记水位计测量测流槽水位,流速采用流速仪进行测定;泥沙观测分悬移质和推移质分别进行测定,其中,悬移质测定采集水样,每个水样采集 500 ml,在室内过滤(滤纸先烘干并称质量)、烘干称质量、数据记录和整理。

1.2.2 英陂试区模式结构径流场设置

(1)模式结构与调整。英陂试区为坡改梯,幼林阶段林

农复合经营。1996 年成梯田,栽种板栗,密度 630 株/hm<sup>2</sup>。

模式 I:林下冬春油菜(*Brassica napus*)、夏秋季花生(*Arachis hypogaea*)连种(或套种),连续 4 a,作物覆盖率分别为 44.9%和 58.4%;同时在梯田外侧种植黄花(*Hemercallis lilioasphodelus*),2 a 后成带。种黄花后的第二年在黄花带间栽黄栀子(*Gardenia jasminoides*),黄栀子 3 a 成带,黄花衰退。1997~1999 年油菜与花生实际间种面积占总面积比分别为 39.5%和 51.4%;2000~2001 年草被覆盖率 60%~70%,草生物量 3.26 t/(hm<sup>2</sup>·a);2003 年梯面垦抚;2004 年林下只有少量杂草,黄栀子一梯一带形成。

模式 II:林下不间种花生和油菜,1997 年基本裸露,1998 年和 1999 年野草覆盖率 20%~30%,2000~2001 草被覆盖率 40%~50%,生物量 2.01 t/(hm<sup>2</sup>·a),2002~2004 年未复垦,林下有少量杂草,黄栀子生物带为隔梯一带。

(2)径流场设置。在试验模式内,设长×宽(40 m×25 m)径流场。面积分别 1 002.00 m<sup>2</sup>和 995.44 m<sup>2</sup>,坡度 12°。径流场集水区隔水墙、集水槽、蓄水池为砖粉结构,蓄水池尺寸为 1 m×1 m×1 m,蓄水池与集水槽间设分流孔,集水槽旁边设水量计观测室,并在径流泥沙观测区设雨量筒 1 个。专人常年连续观测。

2 结果与分析

2.1 泥沙流失量随植被恢复过程的时间分布

2.1.1 自然侵蚀坡面的植被恢复与泥沙流失量变化

黄塘小集水区试验为自然侵蚀坡面,穴状整地造林。红壤区植被恢复过程中水土流失量的时间分布见表 1。

从表 1 中可以看出:①在造林当年,12~16°坡度的红壤区,土壤侵蚀量为 41.083 6 t/(hm<sup>2</sup>·a),除将占 9.5%的坡

表 1 红壤区测流堰控制面积内水土流失量变化

时间/a	降水量/ mm	林地管理	平均 覆盖率/ %	年径 流量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	年径 流深/ mm	径流 系数/ %	单位面积 年泥沙 流失量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	平均 含沙量/ (kg· m <sup>-3</sup> )
1	1399.3	停耕,穴状造林,锄抚 1 次	5	6577	657.7	47.00	41.0836	6.25
2	1438.9	锄抚 1 次,出现杂草	27	6464	646.4	44.92	33.2755	5.15
3	1584.0	封山,有杂草,种草	47	7876	787.6	49.72	30.8448	3.92
4	1335.9	封山,出现枯落物	85	6895	689.5	51.61	25.0682	3.64
5	1325.5	封山,枯落物量 117 kg/hm <sup>2</sup>	90	4811	481.7	36.30	14.3125	2.46
6	1203.5	封山,枯落物量 1 082 kg/hm <sup>2</sup> , 灌草初步形成	95	3643	264.3	21.96	6.4408	1.76
7	1259.8	封山,枯落物量为 1 996 kg/hm <sup>2</sup> , 林分郁闭,乔、灌、草形成	98	372	37.2	2.95	0.0342	0.09

耕地停耕以外,林地状况接近自然状态,与坡度相似的英陂试验区土壤侵蚀量 64.7780 t/(hm<sup>2</sup>·a)相比较,少了 36.58%。这说明红壤被人类扰动(坡改梯当年)后水土流失产生很大的影响。②造林的当年至第 4 年,测流堰控制区径流系数变化在 44.92%~51.61%之间,差异不明显,而泥沙流失量以年均 12.99%的速度下降;第 5~6 年,分别较前一年下降 42.91%和 54.99%,泥沙流失量快速下降;至第 7 年,地表径流系数和泥沙流失量急剧降低,分别较前一年下

降 89.79%和 99.46%。在林地,土壤入渗、枯落物吸水和林冠截流等都影响到地表径流系数。前 4 年,所造林为幼林阶段,森林未郁闭,其结构没有形成,功能不能完全得到发挥,对地表径流作用较小,使幼林的径流系数无太大变化,至第 7 年,森林已构成乔、灌、草结构,形成多层植物组成的冠层,林地也形成了枯枝落叶层,林冠截流、枯落物持水和林地土壤径流量减少,径流系数下降。泥沙流失量在幼林阶段(1~4 a)逐渐减少,5~6 a 快速下降,至第 7 年,降至 0.034 2

t/(hm<sup>2</sup>·a)。③含沙量变化显著。在幼林阶段的 1~4 a 间,年含沙量依次下降 17.60%,23.88%,7.40%;第 5~6 年,分别依次下降 32.42%和 28.46%,林分初始郁闭,保土效果增强,第 7 年下降 94.89%。在林分郁闭前的 1~4 a,林分郁闭形成的 5~6 a,林分结构和防护林体系结构形成的第 7 年,同样出现了明显下降,快速下降和急剧下降的过程。

### 2.1.2 坡改梯田侵蚀地的植被恢复与水土流失量变化

根据坡改梯内板栗 8 a 间林分郁闭度的变化和间种作物和生物埂的种类变更,将其分为 3 个阶段。第 1 阶段(1997~

1999 年)为幼林间作阶段,板栗林郁闭度由 0.1 增至 0.4。林下梯田上进行油菜、花生连种或套种。第 2 阶段(2000~2001 年),为由幼林进入中林的发展阶段,间种停止,生物埂上的黄花草衰亡,黄栀子带逐渐形成,林下杂草覆盖率高,林分郁闭度 0.6~0.7。第 3 阶段(2000 年以后)为林冠充分郁闭的中林阶段(板栗进入丰产期),林下不能间作作物,杂草也基本消亡,林下出现地衣苔藓。为分析坡改梯侵蚀地植被与水土流失量的变化过程,将连续观测数据列入表 2。

表 2 不同年份板栗混农模式内土壤流失量变化

模式 类型	1997 年			1999 年			2000 年			2002 年			2004 年		
	土壤流失 量/ t/(hm <sup>2</sup> ·a)	径流 次数	泥沙 比值	土壤流失 量/ t/(hm <sup>2</sup> ·a)	径流 次数	泥沙 比值	土壤流失 量/ t/(hm <sup>2</sup> ·a)	径流 次数	泥沙 比值	土壤流失 量/ t/(hm <sup>2</sup> ·a)	径流 次数	泥沙 比值	土壤流失 量/ t/(hm <sup>2</sup> ·a)	径流 次数	泥沙 比值
II	46.3500	60	100	32.3620	61	69.82	3.7800	49	8.16	0.02253	46	0.486	0.00410	6	0.008
I	22.5040	60	100	17.9100	56	79.58	3.2460	46	14.42	0.02861	41	1.270	0.00238	6	0.001

注:1)1997 年降水量 1 090.75 mm,降水次数 72 次;1999 年降水量 1 081.35 mm,降水次数 73 次;2000 年降水量 1 101.41 mm,降水次数 73 次;2002 年降水量 1 063.70 mm,降水次数 71 次;2004 年降水量 1 096.88 mm,降水次数 78 次。(2)泥沙比值为同一模式各年的泥沙流失量与 1997 年比值的百分数。

从表 2 中看出:(1)在年降水量为 1 101.41~1 063.70 mm 条件下,2 种间种模式内的土壤流失量,随时间发生变化,但这种变化在不同的发育阶段,有着不同的变化速度。模式 I 第 1 阶段的年变化较小,土壤流失量在 3 a 间减少值为 20.41%~30.10%。第 2 阶段,模式内泥沙流失量下降速度加快,停止间种作物的当年,模式内的土壤流失量较前一年下降 85.58%。第 3 阶段,土壤流失量已变得很小,2004 年比 1997 年下降了 99.8%,之后几乎在年间没有变化。出现这一变化过程的原因是,在间种作物阶段,由于板栗林郁闭度小,加上土壤的扰动,造成土壤的加速侵蚀;由于油菜花生连种或套种,使板栗林地得到了覆盖,特别是间种作物的生长季节与降水期同步,能有效地发挥其保持水土的作用,又大大地削减了土壤加速侵蚀的强度,其意义很重要。但这一阶段,土壤流失量还比较大,原因是虽有间种作物的覆盖,但覆盖面只在梯耕种区,且作物覆盖需一个生长过程。而第 2 阶段,已经停止了对土壤扰动,加上板栗林分郁闭,野草形成,使土壤流失量降至 3.246 0 t/(hm<sup>2</sup>·a)。到第 3 阶段,板栗林充分郁闭,林分结构形成,加上林分对土壤的改良作用,抗侵蚀能力显著提高,泥沙流失量降至 0.002 38 t/(hm<sup>2</sup>·a)。模式 II 在第 1 阶段,因板栗未充分郁闭,林下虽有杂草,但覆盖度小而均匀,保土效果差于模式 I,模式 I 在该阶段土壤流失量较模式 II 下降 44.65%~51.45%。进入第 2 阶段后,林冠充分郁闭,坡改梯的土壤也开始形成一定结构,其保土效果与模式 I 相近。

(2)在年降水量和降水次数相近的情况下,模式 II 径流场内出现的地表径流的天数也逐渐减少,基本变化规律是由缓慢减少逐渐变化成急剧减少。在第 1 阶段变化较小,3 a 间只减少 8.20%;第 2 阶段,较前一年减少 17.85%;第 3 阶段的第 3 年(总共 8 年),较第 3 阶段第 1 年(总共 6 年),下降 85.30%。

### 2.2 红壤 T 值的植被恢复条件分析

土壤容许流失量(Soil Loss Tolerance)<sup>[10]</sup>,或称土壤允

许侵蚀量<sup>[11]</sup>,即 T 值,是指在长时期内能保持土壤肥力和维持土地生产力基本稳定的最大土壤流失量<sup>[12]</sup>。T 值是土壤侵蚀强度分级标准中非侵蚀区(无害侵蚀)与侵蚀区的判别标准。在任何情况下,成土速率、土地生产力因素、沟道侵蚀的控制以及泥沙异地淤积损失是制定 T 值绝不可少的最主要因素。不少国家根据本国情况制定了本国的标准:美国为 2.2~11.2 t/(hm<sup>2</sup>·a);非洲中部国家为:砂土 1.5 t/(hm<sup>2</sup>·a),黏土 1.8 t/(hm<sup>2</sup>·a);印度为 4.5~11.2 t/(hm<sup>2</sup>·a);前苏联为 3.4~10.9 t/(hm<sup>2</sup>·a);中国为:西北黄土高原区 10.0 t/(hm<sup>2</sup>·a),东北黑土区 2.0 t/(hm<sup>2</sup>·a),北方土石山区 2.0 t/(hm<sup>2</sup>·a),南方红壤丘陵区 5.0 t/(hm<sup>2</sup>·a),西南土石山区为 5.0 t/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[10]</sup>。但是,这些标准大部分超过了成土速度的补偿能力。有的科学家研究后认为,随着人们经济承受能力的增加,T 值的调整应该是趋小而不是趋大<sup>[13]</sup>,有的认为 2.0~5.0 t/(hm<sup>2</sup>·a)的容许流失量值才符合前苏联的实际<sup>[14]</sup>。中国南方喀斯特地区从成土速度考虑,超过 0.5 t/(hm<sup>2</sup>·a)为不宜容许流失值<sup>[15,16]</sup>;福建全省风化成土速率为 1.68 t/(hm<sup>2</sup>·a),其中花岗岩风化成土速率为 1.98 t/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[11]</sup>;紫色土容许平均侵蚀量<1.7 t/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[17]</sup>;Q 质(第四纪红土)发育的红壤 T 值<3.00 t/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[18]</sup>,水质约束条件下的红壤流失 T 值为 2.14~2.60 t/(hm<sup>2</sup>·a)<sup>[19]</sup>。

土壤流失量大于 T 值,土层不断变浅,土壤逐渐退化,流失量越大,土壤退化越快。南方红壤丘岗区之所以成为严重的水土流失区,其原因就在于此。水土流失区植被恢复的目的就在于减少土壤流失量,使其控制在 T 值以内,使退化土壤逐步得到恢复。通过对两个试验区的观测研究,证明只要按要求恢复植被,均可在短期内,让土壤流失量控制在 T 值范围内,使系统顺向演替,逐步恢复退化的生态环境。①在小流域坡度为 12~16°的自然坡面山地,防护林、用材林、经济林、薪炭林按 2:1:1:1 的比例配置以后,至第 4 年,林分郁闭度 0.85,径流平均含沙量和土壤流失量开始明显

减少,第5年和第6年,林地出现枯落物,林下灌草形成,土壤流失量急剧降低;至第6年,土壤流失量虽说较第1年下降了84.3%,只为6.45 t/(hm<sup>2</sup>·a),但仍没有达到国家规定的5 t/(hm<sup>2</sup>·a)的T值要求,更与有关研究提供的<2.0 t/(hm<sup>2</sup>·a)的标准相差更远。至第7年,林分乔灌草形成,林地枯落物已达1.99 t/hm<sup>2</sup>,林分结构和防护林体系结构形成,其土壤流失量已降至0.03 t/(hm<sup>2</sup>·a),小于红壤有关研究提出的容许流失量。说明:a.在南方水土流失严重的红壤山地,按防护林、用材林、经济林和薪炭林2:1:1:1比例配置的生态经济型防护林体系和对林分实行乔、灌、草配置,能在防护林体系和林分结构形成以后的短期内(7 a),将土壤流失量控制在T值范围以内。b.山地幼林林地的土壤流失量仍应严格控制。②在坡改梯红壤山地,板栗林内,1~3 a间种油菜、花生的林地,土壤流失量明显少于未间种的林地;至第4年,林分接近郁闭,无论幼林期间种油菜、花生与否,其土壤流失量降至3.246 t/(hm<sup>2</sup>·a)(间种)和3.780 t/(hm<sup>2</sup>·a),两者差距不大,均在国家规定的T值标准以内,但未达到有关研究确定的标准。至第6年,土壤流失量均降至0.02 t/(hm<sup>2</sup>·a)以下,远小于有关研究标准以内。至第8年,林地土壤流失甚微。说明:a.坡改梯后栽植板栗经济林,至第6年,T值能控制在较小值的标准以内,较自然坡面造林更早地控制土壤流失量于T值标准范围内;b.坡改梯造林在幼林阶段间种,能减少水土流失量。

### 3 小 结

(1)红壤山地自然坡造林和坡改梯造林,幼林阶段水土流失量均呈明显的下降趋势,林分郁闭形成阶段,为快速下降趋势,林分结构形成以后,出现急剧的下降变化。自然坡面造林红壤山地水土流失量在第1~4年,下降率为8%~19%,第5~6年间为43.55%,第7年为99%。坡改梯间种林地第1~3年下降20.4%,第3~4年,下降82%,第4~6年下降99%。

(2)红壤山地恢复植被,能在林分结构形成后,控制土壤流失量于T值标准范围以内。自然坡地造林,按防护林、用材林、经济林、薪炭林2:1:1:1比例配置,乔、灌、草搭配,至第7年其土壤流失量降至0.034 t/(hm<sup>2</sup>·a),已在T值标准范围以内。坡改梯板栗林地,无论间种与否,土壤流失量均在第6年低于T值标准。

(3)坡改梯造林地,第1~3年幼林地连续间种油菜、花生,能有效地减少土壤流失量,减少量为44.65%~51.45%。

### 参考文献:

[1] 赵其国,石华,吴志东.红黄壤地区农业资源综合发展战略与对策[A].石华.红壤生态系统研究[C].北京:

科学出版社,1992.1-13.

- [2] 湖南省农业区划委员会.湖南省农业区划(3)[M].长沙:湖南科学技术出版社,1986.
- [3] 史德明,韦启潘,梁育,等.中国南方土壤退化指标体系研究[J].水土保持学报,2000,14(3):1-9.
- [4] 黄承标,梁宏温.不同林地水土流失及林木生长的影响[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(1):46-51.
- [5] 吴建军,李全胜,严力蛟.幼龄桔园套种对土壤流失的影响及其模式研究[J].应用生态学报,1997,8(2):143-146.
- [6] 何铁光,石雪晖,肖润林,等.西南喀斯特环境移民示范区柑橘园水土流失及土壤水分变化[J].农村生态环境,2004,20(2):38-40.
- [7] 袁正科,周刚.黄塘小集水区生态经济型防护林林种布局研究[J].生态学杂志,1998,17(6):7-13.
- [8] 周刚.湘中丘陵小信水区生态效益观测体系的设计[J].湖南林业科技,1994,21(4):56-62.
- [9] 袁正科,田育新,李锡泉,等.缓坡梯土幼林林下植被覆盖与水土流失[J].中南林学院学报,2002,22(2):21-24.
- [10] 陈奇伯,齐实,孙立达.土壤容许流失量研究的进展与趋势[J].水土保持通报,2000,20(1):9-13.
- [11] 阮伏水,吴雄海.福建省花岗岩地区土壤允许侵蚀量的确定[J].福建水土保持研究,1995,(2):26-31.
- [12] 中华人民共和国水利部.SLI90-96.土壤侵蚀分类分级标准[S].北京:中国水利水电出版社,1997.
- [13] Cook K. Soil loss: question of values[J]. J. Soil and Water Cons., 1982,37(2):89-92.
- [14] 扎斯拉夫斯基 M H. 是允许侵蚀量还是破坏土壤肥力侵蚀量[J].王礼先译.水土保持科技情报,1995,(2):1-7.
- [15] 韦启潘.我国南方喀斯特区土壤侵蚀特点及防治途径[J].水土保持研究,1996,3(4):72-76.
- [16] 柴宗新.试论广西岩溶区的土壤侵蚀[J].山地研究,1989,7(4):255-259.
- [17] 谢庭生,何英豪.湘中紫色土丘岗水土流失规律及土壤允许侵蚀量的研究[J].水土保持研究,2005,12(1):87-90.
- [18] 水建国,叶元林,王建红,等.中国红壤丘陵区水土流失规律与土壤允许侵蚀量的研究[J].中国农业科学,2003,36(2):179-183.
- [19] 张燕,彭补拙,窦贻俭.水质约束条件下确定土壤允许流失量的方法[J].长江流域资源与环境,2005,14(1):109-113.