

# 川中丘陵区不同巨桉林地模式下土壤抗蚀性研究

张 洲, 谢贤健, 李 想, 师 杨, 唐雷生, 王举媚

(内江师范学院 地理与资源科学学院, 四川 内江 641112)

**摘 要:**以川中丘陵区 3.5 a 生巨桉纯林、巨桉+果树、巨桉+粮食作物 3 种栽培模式下土壤作为研究材料,弃耕地作为对照,通过对土壤机械组成、土壤干筛团聚体、土壤崩解速率、土壤水稳性指数( $K$  值)等指标的测定和分析,研究了不同巨桉林地对土壤可蚀性的影响。结果表明:不同模式下土壤的机械组成差异极显著,物理性黏粒含量纯林>弃耕地>林果>林粮,砂粒含量林粮>林果>弃耕地>纯林;不同模式下土壤干筛团聚体组成差异极显著;土壤崩解速率总体上表现为纯林<弃耕地<林果<林粮,且纯林的静水崩解率在垂直方向上增大,林果、林粮、弃耕相反;水稳性指数总体表现为纯林>弃耕地>林果>林粮,垂直方向上,纯林  $K$  值减小,其它模式  $K$  值均增加。通过以上抗蚀性指标的分析,可以认为不同模式土壤的抗蚀性由强到弱依次为巨桉纯林>弃耕地>林果>林粮。

**关键词:**巨桉; 土壤抗蚀性; 干筛团聚体; 机械组成; 水稳性指数

**中图分类号:**S157.1;S152.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2014)02-0001-05

## Study on Soil Anti-erodibility of Different *Eucalyptus Grandis* Types in Hilly Area of Central Sichuan Basin

ZHANG Zhou, XIE Xian-jian, LI Xiang, SHI Yang, TANG Lei-sheng, WANG Ju-mei

(School of Geography and Resources, Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641112, China)

**Abstract:** By choosing soil of 3.5-year-old *Eucalyptus grandis* plantations such as pure *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus grandis* + grain crops, *Eucalyptus grandis* + fruits as researching sites, and abandoned farmlands as control, soil anti-erodibility including the mechanical composition, the drying sieve aggregate, disintegration rate, water stable index in hilly area of central Sichuan basin were investigated. The results showed that there was significant difference among the soil mechanical composition of different land model. The physical clay content was in the sequence of pure *Eucalyptus grandis* > abandoned farmlands > *Eucalyptus grandis* + fruits > *Eucalyptus grandis* + grain crops. The sand grain content was in the order of pure *Eucalyptus grandis* < abandoned farmlands < *Eucalyptus grandis* + fruits < *Eucalyptus grandis* + grain crops. There was significant difference among the drying sieve aggregate composition of different land models. The order of soil collapse rate follow the sequence of pure *Eucalyptus grandis* < abandoned farmlands < *Eucalyptus grandis* + fruits < *Eucalyptus grandis* + grain crops. Furthermore, the soil collapse rate of pure *Eucalyptus grandis* increased in vertical direction insteadly, but decreased in the other 3 models. The order of water stable index was pure *Eucalyptus grandis* > abandoned farmlands > *Eucalyptus grandis* + fruits > *Eucalyptus grandis* + grain crops. On the other hand, the water stable index of pure *Eucalyptus grandis* reduced in vertical direction, insteadly, but increased in the other 3 models. According to the above analysis, the conclusion was that the order of soil anti-erodibility of different land types was in the sequence of pure *Eucalyptus grandis* < abandoned farmlands < *Eucalyptus grandis* + fruits < *Eucalyptus grandis* + grain crops.

**Key words:** *Eucalyptus grandis*; soil anti-erodibility; dry sieving aggregates; mechanical composition; water stability index

巨桉(*Eucalyptus grandis*),桃金娘科桉树属双  
蒴盖亚属横脉组柳桉系中的树种,具有生长快,干性

好,适应性强,用途广,经济效益高等特点,被世界各  
国广泛栽培,我国于 20 世纪 60 年代引种巨桉,四川

收稿日期:2013-07-01

修回日期:2013-07-22

资助项目:四川省教育厅重点自筹项目(13ZA0006);内江师范学院大学生创新性实验计划项目(X201206)

作者简介:张洲(1988—),男,四川南充人,学士,研究方向:水土保持理论及技术研究。E-mail:243109520@qq.com

通信作者:谢贤健(1978—),男,四川广汉人,博士,副教授,研究方向:水土保持理论及技术研究。E-mail:xxj007-14@tom.com

于 80 年代开始引种,现在已把它作为退耕还林的重要栽培树种<sup>[1]</sup>。巨桉的生长主要受基因优势、水和土壤养分的影响,川中地区大部分为丘陵,处于亚热带季风气候区内,温暖湿润,适合巨桉生长,但是随着种植面积的不断扩大,已经出现了诸如种植地地力衰退、水土保持能力下降、生物多样性降低等一系列的生态环境问题<sup>[2-4]</sup>。土壤生态环境的恶化必然导致其抗蚀能力的衰退,因此,在巨桉引种区开展不同模式下土壤抗蚀性研究具有重要的现实意义。

土壤抗蚀性是评估土壤抵抗侵蚀能力的重要参数之一,历来为研究者所重视<sup>[5-7]</sup>。土壤抗蚀性的大小除了与土壤理化性质等内在因素有关外,还受土地利用方式、退耕模式等外部因素的影响<sup>[7-8]</sup>。关于土壤抗蚀性的研究报道颇多,但主要集中在黄土高原区、南方红壤丘陵区及川中丘陵区,且以单项指标研究为主<sup>[9-12]</sup>,对不同巨桉模式下土壤抗蚀性的综合研究未见报道。因此本文以川中丘陵区为研究单元,通过试验手段,定量研究不同巨桉人工林模式下土壤的机械组成、团聚体组成,并计算土壤抗蚀性指数、水稳性指数等指标,探讨不同巨桉林地模式下土壤抗蚀性的差异,以期为巨桉人工林培育提供理论依据。

## 1 研究区概况

试验地位于四川省内江市东兴区,东经 105°2.044',北纬 29°36.783',地形区为川中丘陵区。本区属中亚热带季风气候区,全年平均气温 15~28℃,1 月均温 6~8℃,7 月平均气温 26~28℃;年降雨量在 1 000 mm 以下,多分布在夏季,约占全年雨量的 60%,雨季与高温期基本一致,春季约占 17%,冬季仅占 4%,

冬半年旱情出现频率高,夏旱也有发生;年无霜期约 310 d,年日照时数 1 100~1 300 h;全年空气湿度大,阴天较多,夏季较闷热,冬季较阴冷,因此多种速生树种,如桉树、杨树、竹柳均可在此生长。成土母质为海相沉积岩,土壤类型多,但不平衡,主要土壤类型包括:紫色土,占耕地面积的 54.24%,以泥岩和砂岩为主,大部分为钙质胶结,一般含有数量不等的碳酸钙;水稻土类,占耕地面积的 41.21%;黄壤,占耕地面积的 3.20%,母质有砂岩、页岩和花岗岩等风化物;新积土类,占耕地面积的 0.92%;黑色石灰土类,占耕地面积的 0.15%。

## 2 研究方法

### 2.1 样地选择和样品采集

于 2012 年 7 月进行野外样品采集,选择 3.5 a 生的巨桉纯林(纯林)、巨桉+果树(林果)、巨桉+粮食作物(林粮)3 种林地模式的土壤作为研究对象,弃耕地土壤(弃耕地)作为对照,样地情况如表 1 所示。

选择面积为 20 m×20 m 的标准地,采用 S 型取样法选取 5 个样点,并避开河边、林边、路边,开挖 1 m×1 m 的方形土坑,深度大于 30 cm,按 0—15 cm(I 层)、15—30 cm(Ⅱ层)两层分层采集土样,每个样品约 2 kg,共计 40 个样品,采集和运输过程中尽量减少对土样的扰动,以免破坏团聚体。实验室内风干土样,然后沿土壤结构的自然剖面掰分成小团块,剔除石块和动植物残体备用。称取约 200 g 土样置于 5 mm,2 mm,1 mm,0.5 mm,0.25 mm 罗列好的筛子内,左右震荡 2 min(大约 100 次),进行干筛(重复 3 次)制备土样。样品室内分析测试于 2012 年 8 月完成。

表 1 土样采集样地概况

林地模式	坡向	坡度/(°)	主要林下植被	盖度/%	密度/(株·hm <sup>-2</sup> )
纯林	南	5	菊科、禾本科、三叶草、莎草科等	90	1600
林果	东南	8	柑橘	70	1350
林粮	东南	6	玉米、红薯等	80	1450
弃耕地	西南	3	莎草科	100	—

### 2.2 样品理化性质分析测试

(1)土壤机械组成测定,采用比重法;  
(2)土壤大团聚体测定,采用机械筛分法<sup>[8]</sup>;  
(3)土壤抗蚀性测定,采用静水崩解法<sup>[8]</sup>,选取直径为 5~7 mm 的土壤团粒体 150 粒,进行水浸试验,每次 30 粒,5 次重复,取平均值。每隔 1 min 记录崩塌的土粒数,连续记录 10 min,用于计算水稳性指数。

### 2.3 评价指标

(1)粗粉粒 0.05~0.01 mm(%)、中细粉 0.01~0.001 mm(%)、物理性黏粒<0.01 mm(%)、黏粒<

0.001 mm(%),砂粒>0.05mm(%);  
(2)>5 mm,5~2 mm,2~1 mm,1~0.5 mm,0.5~0.25 mm、>0.25 mm 干筛团聚体含量(%);  
(3)土粒累计静水崩解速率;  
(4)水稳性指数<sup>[13]</sup>

$$K=\frac{\sum P_i K_i + P_j}{A} \tag{1}$$

式中: $i=1,2,3,\cdots,10$ ;  $P_i$ ——第  $i$  分钟分散的土粒数量;  $P_j$ ——10 min 内未分散的土粒数;  $K_i$ ——第  $i$  分钟校正系数;  $A$ ——供试土粒总数。

3 结果与分析

3.1 土壤机械组成

土壤机械组成是由大小不同的土粒按不同的比例组合而成的,这些不同的粒径混合在一起表现出的土壤粗细状况<sup>[14]</sup>。由土壤机械组成可以确定土壤质

地,土壤质地对土壤性状有很大的影响。土壤质地是根据土壤的颗粒组成一般分为砂土、壤土和黏土三类,砂质土通透性好,易耕作;黏质土通透性差,难耕作;两者之间是壤质土,为理想的耕地土壤。用 SPSS 统计软件进行单因素方差分析和 Duncan 法多重比较,结果见表 2。

表 2 土壤机械颗粒组成 %

土壤层次	类型	粗粉 (0.05~0.01 mm)	中细粉粒 (0.01~0.001 mm)	黏粒 (<0.001 mm)	物理性黏粒 (<0.01 mm)	砂粒 (>0.05 mm)
I	纯林	20.22c	24.98a	18.26a	43.24a	34.14c
	林果	21.60b	22.70b	17.30a	40.00b	38.40b
	林粮	23.20a	20.48c	15.52b	36.00c	40.80a
	弃耕地	18.66d	25.86a	17.64a	43.50a	37.84b
II	纯林	20.40c	26.42a	15.96a	42.38a	37.22b
	林果	21.74bc	21.72b	14.58a	36.30b	41.96a
	林粮	24.60a	20.90b	14.90a	35.80b	39.60ab
	弃耕地	22.62b	24.32a	11.14b	35.46b	41.92a

注:表中相同字母表示差异不显著( $p<0.05$ )。

根据表 2,采用单因素方差分析,比较不同模式下土壤机械颗粒组成的差异, $F=100.14>F_{0.01}(4,15)$ ,说明不同模式下土壤的机械组成差异极显著。土壤机械组成颗粒主要集中在<0.01 mm 和>0.05 mm 两个粒级范围内。不同模式下 0—15 cm 土层<0.01 mm 物理性黏粒含量弃耕地>纯林>林果>林粮;该粒径下林粮团聚体含量与其它模式差异显著,纯林和弃耕地差异不显著,二者与林果差异显著。>0.05 mm 砂粒含量林粮>林果>弃耕地>纯林;该粒径下林粮模式与其它模式差异显著,林果和弃耕地差异不显著,二者与纯林差异显著。15—30 cm 土层<0.01 mm 物理性黏粒含量纯林>林果>林粮>弃耕地;该粒径下纯林团聚体含量与其它模式差异显著,林果、林粮、弃耕地之间差异不显著。>0.05 mm 砂粒含量林果>弃耕地>林粮>纯林,该粒径下纯林团聚体含

量与林粮模式差异不显著,与林果、弃耕地差异显著,林果、林粮、弃耕地之间差异不显著。物理性黏粒含量减少和砂粒含量增加导致土壤抗水搬运的能力减弱,综合以上分析说明纯林的土壤抗蚀性大于弃耕地,而林果、林粮小于弃耕地。根据卡庆斯基制土壤质地分类,纯林为重壤土,偏黏质;林果、林粮、弃耕地土壤为中壤土,偏砂质,说明巨桉纯林提高了土壤的黏性,因此有利于提高土壤的抗蚀性。

3.2 土壤干筛团聚体

土壤团聚体具有一定的机械稳定性和水稳性,它是由土壤颗粒凝聚、胶结和黏结而相互联结组成的。林分对土壤团聚体组成的影响主要表现为提高了较大团聚体的比例<sup>[14]</sup>。土壤大团聚体含量增加使得土壤孔隙度、入渗能力和土壤特性均得到改善<sup>[15]</sup>。本文运用干筛分析法测得土壤干筛团聚体各粒级百分比,见表 3。

表 3 土壤团聚体(干筛)组成分析 %

土壤层次	模式	>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	>0.25 mm
I	纯林	18.08a	34.45b	27.68b	11.17b	3.63a	95.02a
	林果	17.47a	41.77a	20.89d	11.05b	3.32a	94.50a
	林粮	14.62b	27.62c	32.11a	14.45a	4.44a	93.23a
	弃耕地	16.66a	35.04b	24.19c	11.92b	3.66a	91.47a
II	纯林	19.83a	35.2ab	23.72bc	10.26b	3.84bc	92.85ab
	林果	16.72b	38.20a	25.63b	9.69b	4.70b	94.93a
	林粮	15.55b	32.14b	30.79a	12.99a	3.35c	94.82a
	弃耕地	16.36b	32.01b	20.85c	10.79b	6.75a	86.75b

注:表中相同字母表示差异不显著( $p<0.05$ )。

采用单因素方差分析法分析不同粒径下土壤干筛团聚体组成的差异,在 0.01 显著水平的临界值 $F_{0.01}(5,18)=4.25$ ,I 层 $F=393.27>F_{0.01}(5,18)$ ,II 层 $F=501.28>F_{0.01}(5,18)$ ,说明不同模式下土壤干筛团聚体组成差异极显著。

不同模式下 0—15 cm 土层土壤团聚体组成表现为随粒级的减小其所占比例呈现先增加后减小的趋势,对土壤团聚体组成的影响主要表现在相对提高较大粒级团聚体的比例上。不同模式团聚体组成(林粮除外)均以 2~5 mm 所占比例最大,且该粒径下林粮

与其他 3 种模式团聚体含量差异显著。由表 3 可知, 4 种模式下>5 mm 粒径的团聚体含量纯林>林果>弃耕地>林粮;该粒径下林粮土壤团聚体含量与其它模式差异显著;1~2 mm 粒径的团聚体含量林粮>纯林>林果>弃耕地,不同模式之间土壤团聚体含量差异显著;0.5~1 mm 粒径的团聚体含量林粮>弃耕地>纯林>林果,该粒径下林粮与其他 3 种模式团聚体含量差异显著;纯林、林果、弃耕地之间差异不显著;0.25~0.5 mm 粒径的团聚体含量林粮>弃耕地>纯林>林果,4 种模式下团聚体含量差异不显著;>0.25 mm 粒径的团聚体含量纯林>林果>林粮>弃耕地,4 种模式下团聚体含量差异不显著。

不同模式下 15—30 cm 土层土壤团聚体组成随粒径变化的趋势与 0—15 cm 土层相同。由表 3 可知,4 种模式下>5 mm 粒径的团聚体含量纯林>林果>弃耕地>林粮;该粒径下纯林土壤团聚体含量与其它模式差异显著;2~5 mm 粒径的团聚体含量林果>纯林>林粮>弃耕地,林果土壤团聚体含量与其它模式差异显著;1~2 mm 粒径的团聚体含量林粮>林果>纯林>弃耕地,且与其它模式之间土壤团聚体含量差异显著;0.5~1 mm 粒径的团聚体含量林粮>弃耕地>纯林>林果,该粒径下林粮与其他 3 种模式团聚体含量差异显著;纯林、林果、弃耕地之间差异不显著;0.25~0.5 mm 粒径的团聚体含量弃耕地>林果>纯林>林粮,弃耕地团聚体含量与其它模式差异显著;>0.25 mm 粒径的团聚体含量林果>林粮>纯林>弃耕地,弃耕地团聚体含量与林果、林粮差异显著,与纯林差异不显著。

影响土壤团聚体稳定性的主要外界因素是土地

利用方式;大团聚体含量越多,土壤结构越良好<sup>[16]</sup>,土壤越稳定。通过表 3 分析,3 种巨桉人工林模式下两层土层中大团聚体含量(>0.25 mm)大于弃耕地含量,说明 3 种林地土壤结构较弃耕地好。

3.3 土壤抗侵蚀性与侵蚀时间

土粒的崩解是评价土壤可蚀性的重要指标<sup>[14]</sup>。运用静水崩解速率,即单位时间内崩解土粒与总土粒的比例,这一变化趋势可以直观地分析土壤的抗蚀性特征。从测定结果可以发现,纯林与弃耕地静水崩解速率具有相似的变化幅度趋势,而林果、林粮在 1 min 之内崩解率就达到了 78%以上,说明纯林和弃耕地在提高土壤的抗蚀性能力上优于林果和林粮。

纯林与林果、林粮、弃耕地的静水崩解过程在垂直方向上表现出相反的规律。纯林抗蚀能力表现出 I 层大于 II 层, I 层在 10 min 时的崩解率为 95%,而 II 层已经崩解完毕,且在这一过程中, I 层在各时段的崩解速率均低于 II 层,即表现出相对较强的抗蚀性特征。这种现象的原因可能是由于 3.5 a 生巨桉纯林受人为扰动较少,且表层枯枝落叶层分解后利于土壤大团聚体的形成,从而抵御水蚀能力增强,提升了其抗蚀性能。

与纯林不同,林果、林粮、弃耕地表现出随土层深度的增加土壤的抗蚀性能也相对增加的规律。林果和林粮 I 层崩解完毕时间分别是 4 min 和 2 min, II 层崩解完毕时间分别为 8 min 和 6 min,且都处于>78%的高崩解率水平,表现出极低的抗蚀性能。产生这种差异的原因可能是受人类耕作活动的影响,破坏了土体结构,导致土壤的崩解速率增高,抗蚀性降低(表 4)。

表 4 土壤团聚体水浸实验测定结果

林地模式	土壤层次	土粒累计静水崩解速率/%									
		1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min
纯林	I	32	50	61	72	78	85	89	92	94	95
	II	47	71	81	86	91	94	97	98	99	100
林果	I	92	98	99	100	100	100	100	100	100	100
	II	78	89	94	95	97	98	99	99	100	100
林粮	I	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	II	86	91	96	97	99	99	100	100	100	100
弃耕地	I	40	61	76	87	90	97	98	98	100	100
	II	35	55	72	81	88	93	95	97	97	100

3.4 土壤水稳性指数的变化

水稳性指数(K)是反映土壤团聚体在静水中分散程度的综合评价指标,用以比较土壤可蚀性的大小,水稳性指数越高,土壤团聚体越稳定、可蚀性越小<sup>[15]</sup>。

从图 1 的比较中可以看出,4 种模式下土壤整体

的水稳性指数都较低( $K<0.3$ ),4 种模式土壤水稳性指数总体表现为纯林>弃耕地>林果>林粮。0—15 cm 土层土壤水稳性指数纯林与其它模式差异显著,弃耕地与林果、林粮之间差异显著,林果、林粮差异不显著。15—30 cm 土层土壤水稳性指数纯林和弃耕地差异不显著,二者与林果、林粮差异显著,林果、林

粮之间差异不显著。在垂直方向上,除纯林水稳性指数减小外,其它模式  $K$  值均增加,说明人类活动的强烈程度直接影响着巨桉人工林土壤的抗蚀性。水稳性指数是反映土壤团聚体在静水中的分散程度,水稳性指数越高,土壤团聚体越稳定,可蚀性越小;巨桉纯林受人为影响较林果、林粮小,土壤结构更易于形成较大团聚体,土壤团聚体越稳定,土壤的抗蚀能力强于林果和林粮。

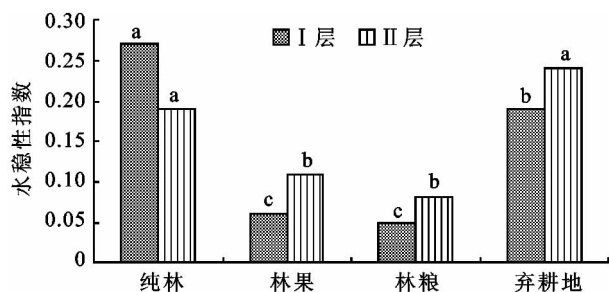


图1 4种模式土壤水稳性指数比较

## 4 结论

(1) 土壤机械组成颗粒主要集中在 $<0.01$  mm和 $>0.05$  mm两个粒径范围内。不同模式下0—15 cm土层 $<0.01$  mm物理性黏粒含量弃耕地 $>$ 纯林 $>$ 林果 $>$ 林粮; $>0.05$  mm砂粒含量林粮 $>$ 林果 $>$ 弃耕地 $>$ 纯林。15—30 cm土层 $<0.01$  mm物理性黏粒含量纯林 $>$ 林果 $>$ 林粮 $>$ 弃耕地; $>0.05$  mm砂粒含量林果 $>$ 弃耕地 $>$ 林粮 $>$ 纯林。物理性黏粒含量减少和砂粒含量增加导致土壤抗水搬运的能力减弱;因此表层土壤纯林和弃耕地抗蚀性优于林果和林粮;而下层土壤纯林的抗蚀性强于其它3种模式。从土壤质地分析,纯林为重壤土,偏黏质;林果、林粮、弃耕地土壤为中壤土,偏砂质,说明巨桉纯林提高了土壤的黏性,因此有利于提高土壤的抗蚀性。

(2) 不同模式对不同粒径的土壤干筛团聚体含量影响极显著;土壤团聚体组成表现为随粒径的减小其所占比例呈现先增加后减小的趋势,说明不同模式对土壤团聚体组成的影响主要表现在相对提高较大粒径团聚体的比例上。大团聚体含量越多,土壤结构越好<sup>[16]</sup>,土壤越稳定;3种巨桉人工林模式下土层中大团聚体含量( $>0.25$  mm)大于弃耕地含量,说明3种林地土壤结构较弃耕地好。

(3) 通过土壤静水崩解速率分析,林果、林粮模式土壤静水崩解速率明显高于纯林和弃耕地土壤。纯林土壤土粒抵御静水崩解的能力表现出随土壤深度的增加而不断减弱的趋势,而其它模式土壤崩解规律则总体上表现出随着土层深度的增加,土粒抵御静水崩解的能力却相对增强的趋势。

以上指标为单一因子条件下对不同模式下土壤抗蚀性的比较,因此结论有所差异。水稳性指数为土壤团聚体在静水中分散程度的综合评价指标,通过分析发现4种模式土壤水稳性指数总体表现为纯林 $>$ 弃耕地 $>$ 林果 $>$ 林粮。综上所述不同模式下土壤的抗蚀性强弱依次为纯林 $>$ 弃耕地 $>$ 林果 $>$ 林粮。

## 参考文献:

- [1] 陈小红,胡庭兴,李贤伟,等.四川省巨桉生长现状调查与发展前景分析[J].四川林业科技,2000,21(4):23-26.
- [2] 石薇,龚伟,胡庭兴.自然林及坡耕地转变为巨桉林后土壤抗蚀性变化[J].四川林业科技,2011,32(3):18-22.
- [3] 王旭琴,戴伟,夏良放.亚热带不同人工林土壤理化性质的研究[J].北京林业大学学报,2006,28(6):56-59.
- [4] 谢贤健,张继.巨桉人工林下土壤团聚体稳定性及分形特征[J].水土保持学报,2012,26(6):175-179.
- [5] 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):186-188.
- [6] Bakker M M, Govers G, van Doorn A, et al. The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: the importance of landscape pattern [J]. Geomorphology, 2008, 98(3): 213-226.
- [7] Cotler H, Ortega-Larrocea M P. Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamla atershed, Mexico [J]. Catena, 2006, 65(2): 107-117.
- [8] 赵洋毅,周运超,段旭.黔中石灰岩喀斯特表层土壤结构与土壤抗蚀抗冲性[J].水土保持研究,2008,15(2): 18-21.
- [9] 卢喜平,史东梅,蒋光毅,等.两种果草模式根系提高土壤抗蚀性的研究[J].水土保持学报,2004,18(5):64-67.
- [10] 何毓蓉,廖超林,张保华.长江上游人工林与天然林土壤结构质量及保水抗蚀性研究[J].水土保持学报,2005,19(5):1-4.
- [11] 张金池,陈三雄,刘道平,等.浙江安吉主要植被类型土壤抗蚀性指标筛选及评价模型构建[J].亚热带水土保持,2006,18(2):1-5.
- [12] 张振国,范变娥,白文娟,等.黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落土壤抗蚀性研究[J].中国水土保持科学,2007,5(1):7-13.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科技出版社,1978.
- [14] 史东梅,吕刚,蒋光毅,等.马尾松林地土壤物理性质变化及抗蚀性研究[J].水土保持学报,2005,19(6):35-39.
- [15] 史长婷,王恩姮,陈祥伟.典型黑土区水土保持林对土壤可蚀性的影响[J].水土保持学报,2009,23(3):25-28.
- [16] 林绍霞,张清海,张珍明,等.不同垦植模式茶园土壤性状及团聚体特征研究[J].水土保持研究,2012,19(6): 45-49.