长沙市东郊不同母质发育耕型红壤的可蚀性因子 K 值估算

谢红霞，陈 琼，李锦龙，邓旭仁，王翠红，王开运

（湖南农业大学 资源环境学院，湖南 长沙 410128）

摘 要：采集了长沙市东郊第四纪红土和花岗岩风化物两种母质发育的耕型红壤样品，通过室内分析获得了土壤的颗粒组成和土壤有机质含量。利用诺谟图法、修正诺谟图法、EPIC 模型、几何平均粒径模型和 Torri 模型分别估算了两种母质发育红壤的可蚀性因子 K 值，并将估算结果与江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站通过自然降雨实测方法获得的 K 值进行了比较。结果显示，Torri 模型和几何平均粒径模型比较适合估算长沙市东郊第四纪红土发育红壤的可蚀性 K 值，Torri 模型、几何平均粒径模型和 EPIC 模型比较适合估算长沙市东郊花岗岩风化物发育红壤的可蚀性 K 值。

关键词：母质类型；耕型红壤；土壤可蚀性 K 值；长沙市东郊

文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2012)03-0133-03 **中图分类号**：S157.1

Calculation of Soil Erodibility Factor *K* Value of Cultivated Red Soils Developed from Two Different Parent Materials in Eastern Suburb of Changsha City

XIE Hong-xia, CHEN Qiong, LI Jin-long, DENG Xu-ren, WANG Cui-hong, WANG Kai-yun

(*College of Resources and Environment Science, Hu'nan Agricultural University, Changsha, Hu'nan* 410128, *China*)

Abstract: Soil samples of two cultivated red soils developed from weathered parent materials of quaternary red earth and granite were collected in eastern suburbs of Changsha City. Soil particle composition and soil organic matter were obtained by means of laboratory analysis. Then, soil erodibility factor K value was calculated using Nomogragh model, modified Nomogragh model, EPIC model, geometric mean particle model and Torri model. Finally, the calculated soil erodibility value was compared with the measured soil erodibility factor K value by the Red Soil Ecological Experimental Station of the Chinese Academy of Science in Jiangxi Province. Results showed that Torri model and geometric mean particle model are more suitable for calculating the K value of red soils developed from quaternary red earth in the eastern suburb of Changsha City, whereas EPIC model, geometric mean particle model and Torri model are suitable for calculating the K value of red soils developed from weathered granite materials.

Keywords: parent materials type; cultivated red soil; soil erodibility factor *K* value; the eastern suburb of Changsha City

土壤可蚀性是一种十分复杂的土壤特性，反映了土壤在雨滴击溅，径流冲刷或者两者共同作用下，被分离、搬运的难易程度[1]。土壤可蚀性因子 K 是 USLE，RUSLE，CSLE 等土壤侵蚀预报模型中的必要参数，表示单位降雨侵蚀力在坡长 22.1 m，坡度为 9% 的标准小区上引起的土壤流失率，单位为 $t \cdot hm^2 \cdot h/(hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$。

土壤可蚀性研究水平直接影响土壤侵蚀预报和水土保持规划等研究的准确性，国内外一直把土壤可蚀性研究作为水土保持学科研究的重要内容[2-3]。

土壤可蚀性因子 K 值一般要通过野外实测获取，但由于实测耗时耗力以及难以大范围实施实测等条件限制，不少学者先后建立了基于土壤性质的 K 值估算模型。然而，由于不同地区土壤实际情况不同，国际上许多经验算法都不能直接用于中国的土壤可蚀性指标测定[4-5]。

收稿日期：2011-09-23 修回日期：2011-10-25

资助项目：水利部公益性行业科研专项“红壤侵蚀区坡面水土流失综合整治的监测与评价”(200901049)；湖南农业大学研究性学习与创新性实验计划项目 (XCX1028)

作者简介：谢红霞(1973—)，女(汉族)，湖南省岳阳市人，博士，讲师，主要研究方向为区域土壤侵蚀、环境遥感与 GIS。E-mail：xiehongxia136@sina.com。

目前湖南省土壤可蚀性研究尚不多，现有的研究成果难以满足其土壤侵蚀研究和水土保持的需要。本研究选择长沙市东郊第四纪红土发育耕型红壤和花岗岩风化物发育耕型红壤作为研究对象，采用诺谟图法、修正诺谟图法、EPIC 模型、几何平均粒径模型和 Torri 模型估算土壤可蚀性 K 值，将估算 K 值与江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站内通过自然降雨法实测的 K 值数据进行比较[6-7]，旨在探讨 5 种预测模型中比较适合估算长沙市东郊第四纪红土红壤和花岗岩红壤的土壤可蚀性因子 K 值的预测模型，希望该研究结果能为目前正在开展的第四次全国土壤侵蚀普查长沙地区的土壤可蚀性普查提供参考。

1 研究区概况

长沙市东郊属典型的亚热带季风湿润气候，四季分明，雨量充沛，雨热同期。年平均气温 16.8 ℃，极端最高气温 40.6 ℃，极端最低气温 -12 ℃，年平均降雨量 1 400 mm。以低山丘陵地貌为主，成土母质类型主要有板页岩风化物、第四纪红土、花岗岩风化物等，土壤类型除红壤外，还有水稻土、紫色土等分布。本次试验以第四纪红土发育红壤和花岗岩风化物发育红壤作为研究对象。

2 材料与方法

2.1 试验材料

试验土样采于长沙市东郊的金井镇和高桥茶叶研究所，土层采集深度为 0—20 cm。采样过程中完整记录了样品采集点位置、土地利用类型、土壤类型、土壤母质类型、土壤结构等级等信息(表 1)。土壤结构等级根据野外观测土壤团粒结构状况，参照全国第一次水利普查培训手册教材之六中的土壤结构系数查对表确定。根据试验土样与江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站内土壤可蚀性研究小区中土壤的相似情况，选择了江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站内土壤可蚀性研究小区中 10 号和 15 号小区土壤的 K 值数据[6]作为本研究的对比数据(表 2)。

表 1 试验土样信息

母质类型	所在地点	土地利用类型	土壤类型	土壤结构	土壤结构等级
第四纪红土	高桥茶叶研究所	茶树林旱地	耕型第四纪红土红壤	以大于 10 mm 块状为主	4
花岗岩风化物	金井镇	植被稀疏的松树林	耕型花岗岩红壤	以 1～2 mm 细团粒为主	2

表 2 对比小区土壤的基本性质和土壤可蚀性因子 K 值

小区编号	土壤颗粒组成/(g·kg^{-1})				有机质 M/(g·kg^{-1})	S_s	P_r	K
	2～0.05 mm	0.05～0.002 mm	<0.002 mm	0.1～0.05 mm				
10	214	282	504	84	11.8	4	6	0.036 5
15	605	176	219	204	34.2	3	4	0.033 7

注：表中 S_s，P_r 分别表示土壤结构等级、土壤剖面渗透性等级；K 为实测土壤可蚀性因子 K 值，其单位为国际制 t·hm^2·h/(hm^2·MJ·mm)，对比数据原单位是美国制，上表已经转为国际制单位。

2.2 研究方法

测定土壤颗粒组成和土壤有机质含量采用吸管法和 $K_2Cr_2O_7$—H_2SO_4 外加热—容量法。土壤可蚀性 K 值估算采用诺谟图法[8]、修正诺谟图法[9]、EPIC 模型[10]、几何平均粒径模型[9]和 Torri 模型[11]。实测方法获取土壤可蚀性 K 值是最准确的一种试验方法，但由于试验要求高，难以在大范围内实施，而且目前湖南省开展土壤可蚀性的研究尚不多。

考虑到本次采样点的自然环境和中国科学院红壤生态试验站实测试验环境的相似性，本研究选择了中国科学院红壤生态试验站在江西省的鹰潭市已经通过自然降雨法实测得到多种土壤类型的 K 值作为参考，将 5 种预测模型估算的 K 值与参照区的实测 K 值进行比较，并分析试验结果。通过分析和比较，从 5 种土壤可蚀性 K 值预测模型中选出比较适合估算长沙市东郊第四纪红土红壤和花岗岩红壤的可蚀性 K 值的预测模型。

3 结果与分析

3.1 土壤颗粒组成和土壤有机质含量

第四纪红土红壤主要以粉粒(0.002～0.05 mm)和黏粒(<0.002 mm)占优势，二者质量之和占整个土壤质量的 80%～90%，属黏壤，土壤剖面渗透性等级为 4；花岗岩红壤以砂粒(2～0.05 mm)含量最高，其次是粉粒(0.05～0.002 mm)的含量，属壤土，土壤剖面渗透性等级为 2；这两种母质发育红壤的土壤有机质含量均在 15～20 g/kg 之间，属中等肥力土壤(表 3)。

表 3　试验土样理化性质

母质类型	有机质/(g·kg^{-1})	土粒组成/%				剖面渗透性等级
		2.0～0.1 mm	0.1～0.05 mm	0.05～0.002 mm	<0.002 mm	
第四纪红土	16.4	4.281	6.151	49.459	39.878	4
花岗岩风化物	19.6	49.247	0.574	30.297	19.142	2

3.2　K 值估算结果

采用诺谟图法、修正诺谟图法、EPIC 模型、几何平均粒径模型和 Torri 模型和实验室分析得到的土壤颗粒组成及有机质含量数据分别估算了长沙市东郊第四纪红土红壤和花岗岩红壤的 K 值,结果见表 4。

由表 4 可见,5 种预测模型估算的 K 值,除 Torri 模型估算结果外,其他 4 种预测模型估算的第四纪红土红壤的 K 值都高于花岗岩红壤的 K 值;第四纪红土红壤的可蚀性 K 值,EPIC 模型估算的结果最大,其值为 0.047 5;修正诺谟图法估算的 K 值最小,仅为 0.024 6;花岗岩红壤的可蚀性 K 值,Torri 模型估算的结果最大,值为 0.037 0,诺谟图法和修正诺谟图法估算的 K 值最小,其值为 0.017 3;这种差异主要是由第四纪红土红壤和花岗岩红壤的采样点土地利用类型不同引起的,第四纪红土红壤采自茶园,土壤有机质含量比采自植被稀疏林下的花岗岩风物红壤的土壤有机质含量小。

表 4　5 种预测模型估算的土壤可蚀性因子 K 值　　t·hm^2·h/(hm^2·MJ·mm)

母质类型	诺谟图法	修正诺谟图法	几何平均模型法	Torri 模型法	EPIC 模型	对比样点实测值
第四纪红土	0.041 7	0.024 6	0.040 0	0.034 4	0.047 5	0.036 5
花岗岩风化物	0.017 3	0.017 3	0.031 7	0.037 0	0.032 6	0.033 7

3.3　模型估算 K 值与江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站实测 K 值比较

通过比较 5 种模型估算的土壤可蚀性因子 K 值(表 5)和中国科学院红壤生态试验站在江西省的鹰潭市已经通过自然降雨法实测得到多种土壤类型的 K 值可以发现,第四纪红土红壤的可蚀性 K 值,用诺谟图法、修正诺谟图法和 Torri 模型估算的结果均比实测的结果小,用几何平均粒径模型和 EPIC 模型估算的结果比实测的结果大。

5 种估算模型中,相对误差最小的是 Torri 模型,相对误差值仅为 0.6%,其次为几何平均粒径模型的相对误差 9.2%;EPIC 模型估算的 K 值比实测的 K 值大,相对误差值达 26.4%。而花岗岩红壤的 K 值,除 Torri 模型外,其他 4 种预测模型估算的结果皆比实测的 K 值小,EPIC 模型的相对误差最小,值为 3.4%,几何平均粒径模型次之,相对误差是 6.2%;Torri 模型估算的 K 值略大于实测的 K 值,相对误差为 9.4%。假定相对误差<10%时可以接受,估算的土壤可蚀性 K 值有效,则 Torri 模型和几何平均粒径模型比较适合估算第四纪红土母质的红壤;Torri 模型、几何平均粒径模型和 EPIC 模型皆可用于估算花岗岩红壤的土壤可蚀性 K 值。

表 5　5 种预测模型估算 K 值与参照区实测 K 值比较

母质类型	诺谟图法		修正诺谟图法		几何平均粒径模型		Torri 模型		EPIC 模型	
	K_1-K_2	r/%	K_1-K_2	r/%	K_1-K_2	r/%	K_1-K_2	r/%	K_1-K_2	r/%
第四纪红土	0.005 2	13.5	0.011 9	39.6	−0.003 5	9.2	0.002 1	0.6	−0.011 0	26.4
花岗岩风化物	0.016 4	64.2	0.016 4	64.2	0.002 0	6.2	−0.003 3	9.4	0.001 1	3.4

注:K_1 为江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站通过自然降雨法实测的 K 值;K_2 为 5 种预测模型估算的 K 值;r 为相对误差。

4　结 论

本研究通过测定土壤颗粒组成和土壤有机质含量,利用诺谟图法、修正诺谟图法、EPIC 模型、几何平均粒径模型和 Torri 模型,估算了长沙市东郊第四纪红土红壤和花岗岩红壤的可蚀性因子 K 值,并将估算结果与江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站通过自然降雨法实测的 K 值进行了比较,结果表明,5 种预测模型估算的 K 值与自然降雨实测 K 值之间存在差异,不同模型估算结果与实测结果差异不同。第四纪红土红壤用 Torri 模型估算相对误差最小,相对误差为 0.7%,用几何平均粒径模型估算的相对误差9.2%;Torri 模型、几何平均粒径模型和 EPIC 模型估算花岗岩的红壤相对误差都小于 10%,分别为 9.4%,6.2%和 3.4%。

(下转第 159 页)

3 结 论

(1) 利用 TOPSIS 评价模型综合判定某一土壤侵蚀区的侵蚀强度等级,只需掌握其侵蚀特征的相关资料即可进行评价。本方法计算简便,结果客观合理,可以较好地解决土壤侵蚀强度等级划分问题,为水利及国土等部门提供决策依据,对探求我国土壤侵蚀的发生规律和进行水土流失综合防治,具有一定的指导意义。

(2) 土壤侵蚀范围及强度是一个动态变化过程,对土壤侵蚀类型区具体进行定性定量的划分,应收集规划范围内土壤侵蚀动态监测的相应图件及资料,尤其是最新的遥感技术影像资料,做好系统分析及综合集成。

(3) 西昌 500 kV 输变电工程线路长,建设点分散,在项目的实施过程中,在沿线扰动地表将会产生一定的土壤侵蚀,发生水土流失。只要在项目规划设计阶段,对其可能引发的水土流失情况进行等级划分和评价;在工程建设过程中,建设单位全面实行科学的水土保持措施,认真履行水土保持监测和监理职责,就能够实现项目建设区生态环境的恢复和改善,使工程建设与环境相协调。

[参 考 文 献]

[1] 曾培炎. 西电东送:开创中国电力新格局[J]. 中共党史研究,2010(3):5-13.

[2] 杨光俊. 输变电工程水土流失规律研究及防治对策[J]. 北方环境,2011(11):56-57.

[3] 贺亮,刘国东,张新宁,等. 西南地区输变电工程建设中的土壤侵蚀及其防治[J]. 中国水土保持,2007(12):46-48.

[4] 管新建,张文鸽,李勉,等. 模拟降雨侵蚀产沙量与其影响因子的灰关联分析[J]. 水土保持通报,2011,31(2):168-171.

[5] 张绒君,王晓,段菊卿. 线形开发建设项目的土壤侵蚀与工程防治[J]. 水土保持学报,2009,13(5):139-141.

[6] 付巧峰. 关于 TOPSIS 法的研究[J]. 西安科技大学学报,2008,28(1):190-193.

[7] 夏勇其,吴祈宗. 一种混合型多属性决策问题的 TOPSIS 方法[J]. 系统工程学报,2005,19(6):630-634.

[8] 王春梅,杨勤科,王琦,等. 区域土壤侵蚀强度评价方法研究[J]. 中国水土保持科学,2010(3):1-7.

[9] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准(SL190-2007)[S]. 2007.

[10] 付静,刘国东,张贞,等. 模糊物元模型在土壤侵蚀等级划分中的应用[J]. 水土保持通报,2008,28(3):138-140.

(上接第 135 页)

考虑到长沙市东郊和江西省余江县自然条件存在一定的差异,土地利用类型不完全一致以及采样年限不同,都可能导致相对误差增大。假定相对误差$<$10%能被接受,在长沙市东郊第四纪红土和花岗岩红壤的 K 值估算工作中,选择 Torri 模型和几何平均粒径模型估算第四纪红土红壤的可蚀性 K 值是比较合适的,选择 Torri 模型、几何平均粒径模型和 EPIC 模型估算花岗岩红壤的可蚀性因子 K 值是比较适合的。

[参 考 文 献]

[1] 刘宝元,谢云,张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京:中国科学技术出版社,2001.

[2] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall eosion losses from Cropland East of the Rocky Mountains[M]. USDA Agric. Handb: No 282, 1965.

[3] 张科利, 彭文英, 杨红丽. 国土壤可蚀性值及其估算[J]. 土壤学报,2007,44(1):7-13.

[4] Zhang K, Li S, Peng W, et al. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China[J]. Soil and Tillage Research, 2004,76(2):157-165.

[5] 张文太,于东升,史学正,等. 中国亚热带土壤可蚀性 K 值预测的不确定性研究[J]. 土壤学报,2009,46(2):185-191.

[6] 史学正,于东升,邢廷炎,等. 用田间实测法研究我国亚热带土壤的可蚀性 K 值[J]. 土壤学报,1997,34(4):399-405.

[7] 邢廷炎,史学正,于东升. 我国亚热带土壤可蚀性的对比研究[J]. 土壤学报,1998,35(3):296-302.

[8] Wischmeier W H, Johnson C B, Cross B V. A soil erodibility monograph for farmland construction sites [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971(26): 189-193.

[9] Foster K G, Renard G R, Weesies G A, et al. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)[M]: USDA Agriculture Handbook:N0. 703, 1997.

[10] Sharply A N, Williams J R. EPIC—Erosion/productivity impact calculator 1: Model documentation[M]. U. S. Department of Agriculture, Technical Bulletin: No. 1768, Washington, D. C., 1990.

[11] Torri D, Poessen J, Borselli L. Corrigendum to"Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global data set"[Catena 31 (1997): 1-22]and to"Erratum to Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global data set"[Catena 32 (1998:307-308][J]. Catena, 2002,46(4):309-310.