

基于小区实测数据的不同类型土壤可蚀性因子计算

杨欣¹, 郭乾坤^{2,3}, 王爱娟⁴, 刘宝元¹, 张蒙娜¹, 常琪琪¹

(1. 北京师范大学 地理科学学部, 北京 100875; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048;

3. 水利部水土保持生态工程技术研究中心, 北京 100048; 4. 水利部水土保持监测中心, 北京 100055)

摘要: [目的] 对不同类型土壤可蚀性因子进行计算, 为土壤侵蚀定量评价、水土流失动态监测提供科学依据。[方法] 通过收集全国范围野外径流小区实测资料, 采用一定的数据遴选标准, 利用小区法计算我国主要土壤的 K 值; 同时考虑实测值评价 Wischmeier 和 EPIC K 值估算公式在我国的适用性。[结果] 我国主要土壤的 K 值范围分布在 0.0008~0.0705 ($t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}$)/($\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$) 之间。黑土、黄绵土和褐土的 K 值较大, 红壤和紫色土因子值较小。全国范围内, 公式估算得到的 K 值与实测值存在较大误差; 修订后的 Wischmeier 公式估算东北黑土区 K 值精度相对较高。[结论] 基于全国实测站点数据和文献数据, 计算出修正到标准小区的 K 值, K 值空间变化幅度较大, 大体呈现出从北向南减小的趋势。为获得比较准确的 K 值, 建立相关经验公式需进一步加强监测点管理和长序列观测数据的积累。

关键词: 土壤可蚀性因子; 观测数据; 裸地小区; 农地小区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2019)04-0114-06

中图分类号: S157.1

文献参数: 杨欣, 郭乾坤, 王爱娟, 等. 基于小区实测数据的不同类型土壤可蚀性因子计算[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 114-119. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.04.018; Yang Xin, Guo Qiankun, Wang Aijuan, et al. Calculation of soil erodibility factor under different soil types based on runoff plot data[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(4): 114-119.

Calculation of Soil Erodibility Factor Under Different Soil Types Based on Runoff Plot Data

Yang Xin¹, Guo Qiankun^{2,3}, Wang Aijuan⁴, Liu Baoyuan¹, Zhang Mengna¹, Chang Qiqi¹

(1. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China; 3. Research Center on Soil and Water Conservation of MWR, Beijing 100048, China; 4. Center of Soil and Water Conservation Monitoring, Ministry of Water Resources, Beijing 100055, China)

Abstract: [Objective] The erodibility factors of different soil types were calculated in order to provide scientific basis for quantitative evaluation of soil erosion and dynamic monitoring of soil erosion. [Methods] By collecting data from runoff plots in the whole country and using the data selection criteria, The K factor value of the main kinds of soil in China was calculated by plot data and evaluated the applicability of the Wischmeier's and the EPIC model in the country. [Results] The K value of the main kinds of soil in China ranged from 0.0008 to 0.0705 ($t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}$)/($\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$). The K value of black soil, cultivated loessial soil and cinnamon soil were higher, while it was lower in the red earths and purple soil. In the whole country, there was a large deviation between the K factor values estimated by the models and the observed data, but the revised empirical model could be used properly in the black soil region of Northeast China. [Conclusion] The K value correcting to the unit runoff plot was calculated based on the data of the runoff plots and references throughout the country. The K value varied greatly over space, it showed that there had a decreasing tendency from the north to the south. In order to obtain a more accurate K value and establish relevant

收稿日期: 2019-03-04

修回日期: 2019-03-11

资助项目: 国家重点研发计划项目“生态治理与生态文明建设生态技术筛选、配置与试验示范”(2016YFC0503705); 水利部财政预算项目“全国水土流失动态监测项目”(126216229000150001)

第一作者: 杨欣(1994-), 女(汉族), 甘肃省陇南市人, 硕士研究生, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail: yangxinyx1994@163.com.

通讯作者: 王爱娟(1981-), 女(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 博士, 高级工程师, 主要从事水土保持监测管理工作。E-mail: wang-ai-juan@163.com.

empirical formulas, it was necessary to further strengthen the monitoring points management and the accumulation of long-term observation data.

Keywords: soil erodibility factor; surveying data; bare plot; farm land plot

土壤可蚀性因子(K)是通用土壤流失方程(USLE)和中国土壤流失方程(CSLE)中的重要参数。各国学者对其研究可追溯至 20 世纪 30 年代,学者们提出了诸多评价土壤本身对侵蚀响应的指标,如土壤中硅铝铁含量^[1],土壤浸湿热^[2],土壤膨胀系数^[3],1~10 mm 团聚体量、团聚状况、团聚度和团聚体分散度^[4]等,这些指标不同程度的体现了土壤性质与侵蚀的关系,但均未建立土壤性质与侵蚀量的定量关系,因而无法进行土壤侵蚀预报。随着研究深入,Olson 和 Wischmeier^[5]分析了大量小区观测资料,提出土壤可蚀性因子(K)的概念,即单位降雨侵蚀力在标准小区上造成的土壤流失量。Wischmeier 等人^[6]明确美国标准小区为 22.13 m 坡长,5 m 宽,9%坡度的休闲小区,并利用美国各地标准小区多年实测资料,建立了美国土壤可蚀性因子数据库,作为通用土壤流失方程(USLE)和修订土壤流失方程(RUSLE)的重要组成部分。随着 USLE 和 RUSLE 在全球范围内的广泛应用, K 因子本地化的准确取值成为各国学者的研究热点之一。我国水土流失形势严峻,据第一次全国水利普查公报,我国水力侵蚀面积约 1.29×10^6 km²,且中度以上流失面积占总面积的 21.2%^[7]。我国学者基于不同地区积累的小区资料,开展了基于实测数据和土壤性质估算 K 值的研究并取得了丰富的成果。但由于小区规格和管理标准不一、 K 值计算方法不一,我国尚未形成基于实测数据的 K 值数据库。实际应用中仍多采用 Wischmeier 或 EPIC 公式进行 K 值估算^[8-9],与实测数据相比误差较大,无法真实的反映我国土壤对侵蚀的敏感程度^[10]。鉴于此,本文基于全国水土保持监测二期网络建设的分布在全国不同侵蚀类型区的 130 个监测点的长期观测数据,补充收集学术论文和汇编资料中径流小区实测数据,对全国主要土壤的 K 值进行系统计算,为我国土壤侵蚀预报模型提供较为可靠的 K 值;并在此基础上,评价 USLE 或 EPIC 中 K 值计算方法在我国的适用性。

1 资料与方法

1.1 基础数据

实测数据来源于全国水土流失动态监测项目中开展监测并进行资料整编的监测点,用于计算不同土壤侵蚀类型区不同土壤类型的土壤可蚀性因子 K

值。这些监测点基于全国水土保持监测网络二期工程建设,在水土流失动态监测项目支持下开展了连续观测,并进行了年度资料整编。通过数据审核,选择了小区观测年限超过 3 a,坡度坡长、土壤类型等信息记录完整的裸坡和无水保措施的顺坡耕作小区资料。收集了部分省(市、区)监测点的整编数据、已发表论文中径流小区实测土壤侵蚀量数据,结合已有监测点和临近站实测的降雨量数据计算土壤可蚀性因子值,统一将其订正到标准小区。共收集到 130 个监测站的观测资料,200 余篇学术论文。将收集的数据按照土壤侵蚀类型区(不包括北方风沙区和青藏高原区)进行整理,筛选后共有 18 个省(直辖市、自治区)51 个监测站 62 个裸地小区和 75 个农地小区,共 685 个小区年的数据可用于计算 K 值。小区基本情况详见表 1—2,选取的径流小区涵盖了我国主要土壤类型,具有较好的代表性。

1.2 土壤可蚀性 K 值计算方法

监测点实测数据采用侵蚀量与降雨侵蚀力和地形因子乘积的比值计算 K 值,并根据 USLE 中标准小区的定义,将径流小区的坡长和坡度统一订正到 22.13 m 坡长和 5°坡度。坡耕地小区的 T 因子根据第一次全国水利普查中相应耕作制度区轮作制度的水土保持措施因子值分区赋值。收集到的整编数据和文献数据,只用文中的侵蚀量数据,采用观测得到的降雨数据计算降雨侵蚀力,进而计算 K 因子。 K 采用下式计算:

$$K = \frac{\bar{A}}{SLR} \quad (1)$$

坡度(S)坡长(L)因子值采用 CSLE 中的公式:

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \quad (\theta \leq 5^\circ) \quad (2)$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.5 \quad (5^\circ < \theta \leq 10^\circ) \quad (3)$$

$$S = 21.91 \sin \theta - 0.96 \quad (\theta \geq 10^\circ) \quad (4)$$

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (5)$$

式中: θ ——坡度(°); λ ——水平投影坡长(m); m ——坡长指数, m 取值随坡度发生变化。

基于降雨过程计算降雨侵蚀力的公式如下,主要用于有实测数据的监测点:

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_{\text{次}} \quad (6)$$

$$R_{\text{次}} = E \cdot I_{30} \quad (7)$$

$$E = \sum_{r=1}^n (e_r \cdot P_r) \quad (8)$$

$$e_r = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.082i_r)] \quad (9) \quad \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h}); E \text{——次降雨总动能}(\text{MJ}/\text{hm}^2);$$

式中: m ——所有降雨次数; $R_{次}$ ——每次 ≥ 12 mm 降雨和 < 12 mm 但产流降雨的降雨侵蚀力 $[(\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})]$; e_r ——每一时段的单位降雨动能 $[(\text{MJ}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm}))]$; i_r —— r 时段断点雨强 (mm/h) 。

表 1 水土保持监测点实测数据情况

分区	地区	站名	经度/(°)	纬度/(°)	资料年限/年	小区个数	土地利用	土壤类型
东北黑土区	黑龙江嫩江	九三	125.29	48.99	2003—2017	2	裸地	黑土
	黑龙江海伦	海伦	126.85	47.35	2013—2016	1	裸地	黑土
	黑龙江宾县	宾县	127.41	45.77	2015—2017	3	裸地	黑土
北方土石山区	辽宁阜新	二道岭	121.83	41.86	2013—2017	2	裸地、农地	棕壤
	河北平泉	东北沟	118.56	41.06	2013—2017	3	裸地、农地	褐土
黄土高原区	内蒙准格尔	圪坨店	111.15	39.91	2013—2017	3	农地	栗钙土
	甘肃定西	称钩河	104.24	35.69	2013—2017	1	农地	黄绵土
	宁夏西吉	聂家河	105.69	35.82	2014—2017	2	裸地	黄绵土
西南紫色土区	重庆万州	刘家沟	108.01	30.91	2013, 2016—2017	1	农地	紫色土
	四川遂宁	遂宁	105.47	30.35	2014—2017	5	农地	紫色土
	四川南充	南部	105.72	31.52	2013—2017	1	裸地	紫色土
南方红壤区	河南罗山	万河	114.20	31.97	2013, 2015—2017	2	农地	黄棕壤
	安徽歙县	华源河	118.67	30.00	2014—2017	1	裸地	黄红壤
	江苏南京	桥头	119.13	31.69	2013—2015	1	农地	黄棕壤
	湖南衡阳	水口	112.22	26.92	2015—2017	1	裸地	红壤
	福建福州	金山	119.68	26.07	2014—2017	1	裸地	红壤
	福建长汀	游坊	116.45	25.67	2013—2017	2	裸地	红壤
	福建泉州	安溪	118.10	25.03	2014—2017	1	裸地	赤红壤
	广东罗定	岗脑	111.62	22.70	2013—2017	2	裸地	红壤
	广东惠东	布心	115.15	23.14	2013—2017	1	裸地	赤红壤
	广东珠海	大镜山	113.55	22.29	2013—2015, 2017	1	裸地	赤红壤
西南岩溶区	四川盐边	干沟	101.94	26.58	2013, 2015—2017	3	裸地	红壤
	云南富源	石坝	104.58	25.07	2013—2015	4	农地	红壤

基于日降雨量资料的降雨侵蚀力计算公式如下, 采用文献中小区的侵蚀量资料:

$$\bar{R} = \sum_{k=1}^{24} \bar{R}_{\text{半月}k} \quad (10)$$

$$\bar{R}_{\text{半月}k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (\alpha P_{i,j,k}^{1.7265}) \quad (11)$$

式中: $\bar{R}_{\text{半月}k}$ ——第 k 个半月的降雨侵蚀力 $[(\text{MJ} \cdot \text{mm})/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})]$; P_{ijk} ——第 i 年第 k 个半月第 j 个侵蚀性日雨量 (mm) ; α ——参数, 暖季(5—9月), $\alpha = 0.3937$, 冷季(10—12月, 1—4月), $\alpha = 0.3101$ 。

2 结果分析

2.1 基于监测点实测数据计算的 K 值

本研究基于 23 个水土保持监测点观测数据, 计算得到我国不同土壤类型 K 因子值, 因子值变化于

0.0008~0.0375 ($\text{t} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h})/(\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm})$ (表 3)。

由表 3 可知, 黑土、黄绵土和褐土的 K 值较大, 黄棕壤和赤红壤土壤可蚀性因子值最小。黑土和黄绵土相对其他土壤, 粉粒含量较高, 更容易遭受侵蚀。从表 3 可以看出, 即使是同一种土壤, 分布在不同省份, 其 K 值差别也很大, 尤其是南方地区, 如分布在福建、广东、四川省的红壤 K 值接近, 但是分布在湖南省的红壤, 其 K 值是前者的 2.9 倍, 赤红壤也存在这种情况, 分布在广东和福建省的赤红壤 K 值相差 8.3 倍, 分析原因认为主要是由于南方水热条件较好, 成土母质差异大, 即使是同一种土壤, 其受自然条件和成土过程的影响, 土壤性质差别很大, 需要积累更长序列的观测资料来进一步率定 K 值。

表 2 收集的汇编和文献资料情况

分区	地区	站名	经度/(°)	纬度/(°)	资料年限/年	小区个数	土地利用	土壤类型	资料来源
东北黑土区	内蒙古	扎兰屯	122.74	47.93	1980—1990;2004—2009	2	农地	暗棕壤	呼盟 ^① 、松辽委 ^②
	内蒙古	阿荣旗	123.45	48.14	1982,1986—1990;1986—1990	2	农地	暗棕壤	呼盟 ^①
	内蒙古	莫旗	124.51	48.51	1980,1981,1986—1990	2	农地	黑土	呼盟 ^①
	黑龙江	宾县	127.41	45.77	1985—1990,1999—2002	3	裸地	白浆土、黑土	张宪奎 ^[11] 、松辽委
	黑龙江	克山	125.88	48.04	1985—1988,1997—2003	1	裸地	黑土、泥砂土	张宪奎 ^[11] 、翟伟峰 ^[12]
	黑龙江	拜泉	126.10	47.60	1997—2003	1	裸地	棕泥砂土	翟伟峰 ^[12]
	黑龙江	甘南	123.51	47.93	1997—2003	1	裸地	油锈黑黄土	翟伟峰 ^[12]
北方土石山区	辽宁	西丰	124.73	42.74	1980—1990	3	农地	棕壤	孙景华 ^[13]
	江苏赣榆县	赣榆	118.91	35.00	1989—2010	1	农地	棕壤	夏美玲 ^[14]
黄土高原区	内蒙古	皇甫川	111.13	40.73	1992—1994	6	裸地、农地	黄绵土	金争平 ^[15]
	内蒙准格尔	五步进沟	111.13	40.73	1983—1985;1987—1989;1985—1990	3	裸地	黄绵土	金争平 ^[15]
	甘肃	天水	105.73	34.59	1945—1956	8	农地	黄绵土	黄河中游 ^③
	陕西	绥德	110.29	37.55	1954—1960	6	农地	黄绵土	黄河中游 ^③
	陕西	安塞	109.31	36.88	1985—1989	10	裸地、农地	黄绵土	刘宝元 ^[16]
南方红壤区	陕西	子洲	109.96	37.62	1963—1967	3	农地	黄绵土	刘宝元 ^[17]
	安徽歙县	华源河	118.67	30.00	1990—1993	1	裸地	黄红壤	歙县水保站 ^④
	安徽	岳西	116.37	30.86	2000—2014	1	裸地	黄棕壤	邵永昌 ^[18]
	江西	德安	115.68	29.27	2001—2010	1	裸地	红壤	杨洁 ^[19]
	江西	永修	115.81	29.03	1980—1987	2	农地、裸地	红壤	何长高 ^[20]
	湖南衡阳	油子岭	112.68	26.75	2011—2013	2	农地	红壤	谢庭生 ^[21]
	湖南	慈利	111.15	29.45	1986—1990;2000—2001	6	农地	黄壤	刘亚云 ^[22] 、李锡泉 ^[23]
	福建	安溪	118.10	25.03	1985—1987	1	裸地	赤红壤	周伏建 ^[24]
西南紫色土区	福建	厦门	118.02	24.61	2003—2005	1	裸地	红壤	丁光敏 ^[25]
	广东	电白	110.91	21.49	1983—1989	3	裸地	红壤	陈法扬 ^[26]
	四川遂宁	遂宁	105.47	30.35	2002—2005	1	农地	紫色土	杨占彪 ^[27]
	四川	南部	105.72	31.52	2001—2004	11	农地	紫色土	四川 ^⑤
	四川	南充	106.12	30.85	1988—1993	1	农地	紫色土	吕甚悟 ^[28]
	四川	简阳	104.53	30.35	1984,1986,1988	2	农地	紫色土	四川 ^⑤
	四川	蒲江	103.51	30.20	1984—1990	2	农地	紫色土	四川 ^⑤
西南岩溶区	四川	资阳	104.63	30.14	1997—2000	1	农地	紫色土	陈一兵
	贵州	罗甸	106.76	25.43	1992—1998	1	裸地	黄壤	朱青 ^[29]
	云南	昭通	103.57	27.40	1995—1997	2	农地	黄壤、紫色土	杨子生 ^[30]
	云南	东川	103.04	26.43	1995—1997	2	裸地	红壤	杨子生 ^[30]

注:①指呼盟水土保持中心监测资料;②指松辽委汇编资料;③指黄河中游水土保持委员会;④指歙县站监测资料;⑤指四川水土保持试验站成果汇编。

表 3 基于水土保持监测点实测数据计算的 K 值

(t·hm²·h)/(hm²·MJ·mm)

地区	站名	土壤类型	K 值	地区	站名	土壤类型	K 值
黑龙江嫩江	九三	黑土	0.037 5	河南罗山	万河	黄棕壤	0.002 9
黑龙江海伦	海伦	黑土	0.031 7	安徽歙县	华源河	黄红壤	0.001 1
黑龙江宾县	宾县	黑土	0.034 3	江苏南京	桥头	黄棕壤	0.000 8
辽宁阜新	二道岭	棕壤	0.002 1	湖南衡阳	水口	红壤	0.003 2
河北平泉	东北沟	褐土	0.019 9	福建福州	金山	红壤	0.001 1
内蒙准格尔	圪坨店	栗钙土	0.010 4	福建长汀	游坊	红壤	0.002 4
甘肃定西	称钩河	黄绵土	0.024 0	福建泉州	安溪	赤红壤	0.008 3
宁夏西吉	聂家河	黄绵土	0.013 1	广东罗定	岗脑	红壤	0.001 1
重庆万州	刘家沟	紫色土	0.002 1	广东惠东	布心	赤红壤	0.001 0
四川遂宁	遂宁	紫色土	0.002 5	广东珠海	大镜山	赤红壤	0.000 9
四川南充	南部	紫色土	0.001 5	四川盐边	干沟	红壤	0.001 3
				云南富源	石坝	红壤	0.002 0

2.2 基于文献数据计算的 K 值

通过搜集文献中径流小区土壤流失量数据,采用观测站的降雨量资料计算了各区域 K 值。除西南岩溶区东川和昭通 K 值明显高于其他地区外,大多地方 K 值集中在 $0.0011 \sim 0.0421$ ($t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}$)/($\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$)范围内(表 4)。对比表 3—4 发现,相同土壤类型的 K 值接近,即两种渠道获得的 K 值能够代表真值。同时得出我国土壤可蚀性从北向南逐渐减小,黑土和黄绵土土壤可蚀性较大,红壤、紫色

土土壤可蚀性小,也就是说东北黑土区典型黑土的土壤抗蚀能力最弱,往南抗蚀能力逐渐增强。黄土高原北部 K 值较大,东南较小。北方土石山区和南方红壤区整体 K 值变化不大。西南紫色土区径流小区主要布设在四川盆地, K 值较为一致。西南岩溶区滇东北地区的 K 值相比周边地区偏高,分析发现东川、昭通两站点的土壤流失量较区内其他地区大,对结果造成一定影响,这可能是因为该区域地处干热河谷区,从而导致土壤 K 因子值较高。

表 4 基于文献资料计算的我国土壤可蚀性因子 ($t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}$)/($\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$)

地区	站名	土壤类型	K 值	地区	站名	土壤类型	K 值
内蒙古扎兰屯	扎兰屯	暗棕壤	0.035 2	安徽岳西	岳西	黄棕壤	0.001 1
内蒙古阿荣旗	阿荣旗	暗棕壤	0.029 4	湖南慈利	慈利	黄壤	0.002 5
黑龙江宾县	宾县	黑土	0.031 1	福建安溪	安溪	赤红壤	0.003 4
黑龙江克山	克山	黑土	0.019 7	江西德安	德安	红壤	0.003 4
黑龙江甘南	甘南	黑土	0.042 1	江西永修	永修	红壤	0.001 4
内蒙古莫旗	莫旗	黑土	0.034 9	江西永修	永修	红壤	0.002 9
黑龙江克山	克山	泥砂土	0.028 4	湖南衡阳	油子岭	红壤	0.002 8
黑龙江拜泉	拜泉	棕泥砂土	0.040 8	福建厦门	厦门	红壤	0.003 3
黑龙江宾县	宾县	白浆土	0.024 9	广东电白	电白	红壤	0.001 4
辽宁西丰	西丰	棕壤	0.003 1	四川遂宁	遂宁	紫色土	0.001 1
江苏赣榆	赣榆	棕壤	0.008 8	四川南部	南部	紫色土	0.001 8
内蒙古皇甫川	皇甫川	黄绵土	0.017 1	四川南充	南充	紫色土	0.006 2
内蒙准格尔	五步进沟	黄绵土	0.032 7	四川简阳	简阳	紫色土	0.008 9
甘肃天水	天水	黄绵土	0.012 5	四川蒲江	蒲江	紫色土	0.003 1
陕西绥德	绥德	黄绵土	0.012 8	四川资阳	资阳	紫色土	0.010 3
陕西安塞	安塞	黄绵土	0.009 2	云南昭通	昭通	紫色土	0.034 6
陕西子洲	子洲	黄绵土	0.017 9	云南东川	东川	红壤	0.070 5
安徽歙县	华源河	黄红壤	0.001 3	贵州罗甸	罗甸	黄壤	0.005 7
				云南昭通	昭通	黄壤	0.057 2

2.3 实测和模型估算 K 值对比分析

对同时有实测 K 值、Wischmeier 和 EPIC 公式估算 K 值的站点进行整理,分区对比估算值与实测值可以得出,不同区域直接利用 Wischmeier 或 EPIC 公式估算的土壤可蚀性因子值与实测值存在较大差异,最大可达 10 倍多,与张科利等^[10]之前得出利用估算方程计算我国 K 值偏大的结论相似,说明公式估算法计算的 K 值与实测值偏差较大。从各区域拟合效果看,东北黑土区监测点实测值与 Wischmeier 公式计算得到的 K 值最为接近,显著性水平达到 0.029 ($p < 0.05$),这是由于 Wischmeier 公式是基于美国中西部农业区的小区实测资料计算得到的,该区域土壤性质与我国黑土区土壤性质较为接近;黄土高原区和南方红壤区的拟合效果相对较差。史学正与郑海金等发现红壤区实测 K 值与基于 Wischmeier 或 EPIC 公式的结果相差 10 倍,说明经验公式不适

于该区域 K 值估算,应加强小区观测。北方土石山区,西南紫色土区和岩溶区径流小区资料相对缺乏,且运用 Wischmeier 或 EPIC 公式进行 K 值估算的研究也不多,因此本文暂未进行二者关系分析,应深入建设这些区域小区站点,同时加强小区的观测和管理工作。

3 结论

本研究利用径流小区实测资料,建立了我国土壤可蚀性因子数据库,研究得到我国主要土壤类型的可蚀性因子值范围在 $0.0008 \sim 0.0705$ ($t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}$)/($\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$)。黑土、黄绵土和褐土的 K 值较大,红壤和紫色土可蚀性因子值较小。直接利用 USLE 或 EPIC 公式估算我国土壤可蚀性因子值与实测值相差较大,经过修正,USLE 估算公式在东北黑土区的 K 值估算时精度相对较高。由于目前可用的监测

点数据较少,加强监测点管理并积累长序列的观测数据是获得比较准确的 K 值和建立相关经验公式的有效办法。

[参 考 文 献]

- [1] Bennett H H. Some comparisons of the properties of humid-tropical and humid-temperate American soils, with special reference to indicated relations between chemical composition and physical properties[J]. Soil Science, 1926,21(5):349-376.
- [2] Middleton H E. Properties of soils which influence soil erosion[J]. Soil Science Society of America, 1930,2: 119-121.
- [3] 朱显谟,张相麟,雷文进. 泾河流域土壤侵蚀现象及其演变[J]. 土壤学报,1954,2(4):3-16.
- [4] 田积莹,黄义端. 子午岭连家砭地区土壤物理性质与土壤抗侵蚀性能指标的初步研究[J]. 土壤学报,1964(3):286-296.
- [5] Olson T C, Wischmeier W H. Soil-erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations 1[J]. Soil Science Society of America Journal, 1963,27(5): 590-592.
- [6] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses[M]// Agricultural Handbook 537. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, 1978.
- [7] 中华人民共和国水利部. 第一次全国水利普查水土保持情况公报[J]. 中国水土保持,2013(10):64-64.
- [8] 黄晓强,赵云杰,信忠保,等. 北京山区典型土地利用方式对土壤理化性质及可蚀性的影响[J]. 水土保持研究, 2015,22(1):5-10.
- [9] 钟壬琳. 江西省土壤抗侵蚀性指标区域分布特征分析[D]. 湖北 武汉:长江科学院,2010.
- [10] 张科利,彭文英,杨红丽. 中国土壤可蚀性值及其估算[J]. 土壤学报,2007,44(1):7-13.
- [11] 张宪奎,许靖华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[J]. 水土保持通报,1992,12(4):1-9.
- [12] 翟伟峰,许林书. 东北典型黑土区土壤可蚀性 K 值研究[J]. 土壤通报,2011,42(5):1209-1213.
- [13] 孙景华,杨玉阁,张本家,等. 辽北低山丘陵区坡耕地水土流失规律研究[J]. 水土保持研究,1997,4(4):65-74.
- [14] 夏美玲,高之栋,周岩,等. 赣榆县夹谷山坡面侵蚀产沙特征及其影响因素[J]. 水土保持通报,2014,34(2):11-14.
- [15] 金争平,史培军. 黄河皇甫川流域土壤侵蚀系统模型和治理模式[M]. 北京:海洋出版社,1992:60-81.
- [16] Liu Baoyuan, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(5):1759-1763.
- [17] Liu Baoyuan, Nearing M A, Shi Prijun, et al. Slope length effects on soil loss for steep slopes[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(5): 1759-1763.
- [18] 邵永昌. 安徽大别山区典型流域降雨径流产沙规律研究[D]. 江苏 南京:南京林业大学,2016.
- [19] 杨洁. 红壤坡地柑橘园水土保持水文效应研究[D]. 江西 南昌:江西农业大学,2011.
- [20] 何长高. 低丘红壤水土流失及其保土耕作措施研究[J]. 水土保持学报,1995,9(1):82-85.
- [21] 谢庭生,谢树春,赵玲,等. 红壤低丘坡耕地垄作草垵区田的种植效应试验[J]. 水资源与水工程学报,2015(6): 220-224.
- [22] 刘亚云,谭敦英. 紫色土坡耕地保土耕作研究初报[J]. 耕作与栽培,1992(4):63-64.
- [23] 李锡泉,田育新,袁正科,等. 湘西山地不同植被类型的水土保持效益研究[J]. 水土保持研究,2003,10(2): 123-125.
- [24] 周伏建,黄炎和. 福建省土壤流失预防研究[J]. 水土保持学报,1995,9(1):25-30.
- [25] 丁光敏,林桂志,刘廉海,等. 坡地幼龄果园不同水土保持措施水沙调控研究[J]. 亚热带水土保持,2006,18(3):1-3.
- [26] 陈法扬,王志明. 通用土壤流失方程在小良水土保持试验站的应用[J]. 水土保持通报,1992,12(1):23-41.
- [27] 杨占彪,朱波,林立金,等. 川中丘陵区紫色土坡耕地土壤侵蚀特征[J]. 四川农业大学学报,2010,28(4):480-485.
- [28] 吕甚悟,陈谦,袁绍良,等. 紫色土坡耕地水土流失试验分析[J]. 山地学报,2000,18(6):520-525.
- [29] 朱青,王兆骞,尹迪信. 贵州坡耕地水土保持措施效益研究[J]. 自然资源学报,2008,23(2):219-229.
- [30] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤流失方程研究[J]. 水土保持通报,1999,19(1):1-9.

(上接第 113 页)

- [11] 郭静,姚孝友,刘霞,等. 不同生态修复措施下鲁中山区土壤的水文特征[J]. 浙江林学院学报,2008,25(3): 342-349.
- [12] 张雷燕,刘常富,王彦辉,等. 宁夏六盘山地区不同森林类型土壤的蓄水和渗透能力比较[J]. 水土保持学报, 2007,21(1):95-98.
- [13] 夏江宝,曲志远,朱玮,等. 鲁中山区不同人工林土壤水分特征[J]. 水土保持学报,2005,19(6):45-50.
- [13] 许景伟,李传荣,夏江宝,等. 黄河三角洲滩地不同林分类型的土壤水文特性[J]. 水土保持学报,2009,23(1): 173-176.
- [14] 白麟,杨建英,韩雪梅,等. 3种造林模式对北京北部人工水源涵养林地土壤肥力的影响研究[J]. 水土保持研究,2011,18(6):75-78.