

土壤可蚀性K值三种估算方法的比较

肖 婷

西华师范大学生命科学学院 四川南充 637009

摘 要: 土壤可蚀性K值可以为水土流失量的监测和水土保持政策的制定提供坚实依据。本文通过对比诺谟方程、EPIC模型以及Torri.D模型土壤可蚀性K值的估算方法的异同之处,得出在对K值进行估算时应该首先选择诺谟方程,但是由于诺谟方程中的土壤结构参数和土壤渗透等级不方便进行量化,因此在这两种数据缺少的情况下可以选用其他可蚀性K值的计算公式。EPIC模型为土壤侵蚀与土地生产力模型提出。Torri.D模型法通过土壤物理性质组成资料便可以进行估算,可以在土壤物理和化学性质数据不足的情况之下进行运用。掌握与理解不同的土壤可蚀性K值估算方法对于合理进行水土保持和治理有着极为重要的意义。

关键词: 土壤可蚀性; 诺谟方程; EPIC模型; Torri.D模型

Comparison of three estimation methods for the K value of soil erosion ability

Ting Xiao

School of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009

Abstract: Soil etchability K value can provide a solid basis for the monitoring of soil erosion and the formulation of soil and water conservation policies. In this paper, by comparing the estimation methods of nomu equation, EPIC model and soil erosion K value in Torri.D model, it is concluded that nomu equation should be selected first when estimating K value. However, because it is inconvenient to quantify soil structure parameters and soil permeability level in nomu equation, other calculation formulas of erosion K value can be selected in the absence of these two kinds of data. The EPIC model is proposed for the soil erosion and land productivity model. The Torri.D model method can be estimated through the composition data of soil physical properties data, and can be used in the case of insufficient soil physical and chemical properties data. It is of great significance to master and understand different soil etchability K value estimation methods for reasonable soil and water conservation and treatment.

Keywords: soil etchability; Nume equation; EPIC model; Torri.D model

土壤可蚀性 (soil erodibility) 指的是土壤容易受到侵蚀的特质^[5], 降雨所引起的土壤侵蚀会受到气候、物理、化学和生物等各项因素的共同影响^[6-7], 例如成土母质和降水强度^[8-10]等因素。土壤可蚀性是表现土壤的性能和土壤侵蚀预测的重要参数之一, 它的大小通常使用K值^[1]来进行度量。Wischmeier等人建立的土壤可蚀性的RUSLE方程和修正的诺谟方程, Williams等人建立

的EPIC模型 (土壤侵蚀和土地生产力) 中的计算方法, Shirazi等人建立的几何平均粒径模型的计算公式, 以及由Torri等人所建立的土壤物理和化学性质的非线性最佳拟合计算公式^[11]。这些土壤可蚀性K值估算方法自从建立以来, 便在土壤的流失预测、土壤的侵蚀敏感性评价和水土资源的利用等方面之中得到了广泛的运用^[3]。

多年以来, 对于土壤土壤可蚀性的研究多以判定法和诺谟图法为主, 这两种方法存在大量主观因素, 会低估或忽视一些因素对土壤可蚀性的影响, 从而有误差的产生。本文通过对诺谟方程、EPIC模型和Torri.D模

作者简介: 肖婷 (1997—), 女, 汉族, 江西吉安, 硕士研究生, 单位: 西华师范大学生命科学学院, 研究方向: 水土保持与荒漠化防治。

型的介绍和对比, 展现公式法在土壤可蚀性研究中的价值, 以量化的方法更加直观和清晰的揭示土壤的可蚀性程度, 为治理土壤侵蚀和水土流失提供了坚实的基础, 对于制定和实施土壤修复政策和措施具有极为重要的意义。

1 诺谟方程

Wischmeier等人选取了土壤质地、有机质含量、渗透性和结构几个土壤性质的指标, 通过分析它们与土壤可蚀性因子K值之间的关系^[15], 提出了计算公式:

$$K = [2.1 (N_1 N_2)^{1.14} (12 - OM) \times 10^{-4} + 3.25 (S - 2) + 2.5 (P - 3)] / 100 \quad (1)$$

式中: N_1 =粉砂(0.05 ~ 0.1mm)含量(%) + 极细砂(0.002 ~ 0.05mm)含量(%); N_2 =100-黏粒(<0.002mm)含量(%) 或者为 N_1 +砂粒(0.1 ~ 2.0mm)含量(%); OM代表有机质的百分含量; S代表土壤结构参数(表格1 土壤结构等级取值表); P代表土壤渗透级别(表格2 土壤渗透性等级取值表), K值单位是美国制的(short ton.ac.h/ (100 ft.short ton.ac.in))。

表格1 土壤结构等级取值表

土壤结构		土壤结构等级
团粒结构	< 1mm 特细团粒	1
	1~2mm 细团粒	2
	2~10mm 中细团粒	3
	> 10mm 片状、块状和大块状	5

表格2 土壤渗透性等级取值表

土质类型	砂粒 (0.05~ 2mm) %	粉粒 (0.002~ 0.05mm) %	黏粒 (< 0.002mm) %	土壤 渗透性 等级
砂土	85~100	0~15	0~10	1
壤砂土	70~90	0~25	0~15	2
粉砂土	0~20	80~100	0~15	2
砂壤土	45~85	0~50	0~20	2
壤土	25~55	30~50	10~25	3
粉壤土	0~50	50~85	0~25	3
砂黏壤土	45~80	0~30	20~35	4
黏壤土	20~45	15~50	25~40	4
粉砂黏壤土	0~20	40~75	25~40	5
砂黏土	45~65	0~20	35~50	5
粉砂黏土	0~20	40~60	40~60	6
黏土	0~45	0~40	40~100	6

由表格2土壤渗透性等级取值表可以看出, 各土质的土壤渗透性等级与其砂砾、粉粒和黏粒所占比例有着

极大的关系。土壤渗透性等级与砂砾的占比呈现显著负相关关系, 与黏粒的占比呈现显著正相关关系。该计算方法解决了在没有野外径流小区观测点的情况下, 利用常规土壤测量资料估算土壤可蚀性k值的问题, 从而极大地促进了USLE方程的应用与发展。

RUSLE模型则是在原有USLE的基础之上更加进一步的对土壤可蚀性的计算进行修正, 并在诺谟方程的基础上对土壤可蚀性K值的计算进行了修正。其计算公式是:

$$K = [2.1 (N_1 N_2)^{1.14} (12 - OM) \times 10^{-4} + 3.25 (2 - S) + 2.5 (P - 3)] / 100 \quad (2)$$

该式中各参数意义及取值标准与诺谟法相同, 它的K值单位是美国制。

2 EPIC模型

Williams等人所开发出来的侵蚀/生产力影响模型(Erosion-Productivity Impact Calculator)主要是运用于对于美国土壤侵蚀的监测和预报^[16]。模拟水蚀和风蚀是EPIC模型主要功能^[16], 该模型是在基于土壤有机碳和粒度分布情况之上^[14]估算土壤可蚀性K值。通过模拟自然环境和社会经济的成分, 分析降水情况、径流情况与侵蚀情况之间的关系及其对于研究区域农业生产力的影响。Williams等人在侵蚀-生产力影响计算器(Erosion-Productivity Impact Calculator)之中计算出土壤K值的公式是:

$$K = \left\{ 0.2 + 0.3e^{-0.0256S_1 \left(1.0 - \frac{S_2}{100} \right)} \right\} \left[\frac{S_2}{n + S_2} \right]^{0.3} \left\{ 1.0 - \frac{0.25C}{C + e^{(3.72 - 2.95C)}} \right\} \left\{ 1.0 - \frac{0.7S_3}{S_3 + e^{(-5.51 + 22.9S_3)}} \right\} \quad (3)$$

式中:

字母	代表	单位
n	黏粒含量	%
C	有机碳含量	%
S1	砂粒含量	%
S2	粉粒含量	%
S3	1-S1/100	%

3 Torri.D模型

Torri.D模型是一种基于土壤物理和化学性质之上的非线性最佳拟合公式。Torri.D等根据土壤可蚀性k值与土壤性质的相关性研究了土壤可蚀性k值的可预测性与不确定性。它的计算公式为:

$$D_{g=\sum f_{i/g} \sqrt{d_i d_{i-1}}} \quad (4)$$

字母	代表	单位
d_i	土壤机械组成中第 <i>i</i> 级土壤颗粒的最大值	mm
d_{i-1}	第 <i>i</i> 等级土壤颗粒的最小值 (当 <i>i</i> =1时, $d_0=0.00005$)	mm
f_i	用小数点表示的相应粒径等级土壤颗粒含量	

Torri.D等提出基于有机质和土壤粒径分布, 制定土壤可蚀性K值评价模型, K值单位为国际制单位 ($t\ hm^2\ h / (MJ\ mm\ hm^2)$):

$$K = 0.0293(0.65 - D_g + 0.24D_g^2)e^{\left\{-0.0021\frac{OM}{C} - 0.00037\left(\frac{OM}{C}\right)^2 - 4.02 + 1.72C^2\right\}} \quad (5)$$

字母	代表	单位
OM	土壤有机质含量	%
C	由小数表示的黏粒 (<0.002mm) 含量	%
D_g	土壤质地定量参数	%

4 讨论与结论

土壤可蚀性K值是由土壤内在性质所决定的^[17-19], 土壤参数可以根据其性质变化所需时间长短分为长时间因素和短时间因素两大类:(1)长时间因素。包括土壤质地、土壤有机质和盐分含量、地貌等, 这些因素会随时间的流逝而缓慢改变, 需要经过长时间的积累才能有显著的变化;(2)短时间性因素。包括微小地形、土壤的容重和比重等, 这些因素会在人为因素^[26]和气候因素^[27, 28]等的影响下产生急剧的变化, 对于土壤可蚀性的影响有着重要意义。土壤各种性质都能够对土壤侵蚀过程产生影响, 但是这是一个综合性的影响过程, 没有任何一个单独的土壤参数能够简单直接的代表土壤侵蚀过程^[24, 25]。

运用公式法测定土壤可蚀性是近年来发展迅速、应用广泛的K值估计方法, 它克服了直接判定法和诺谟图法的缺点, 得到了广泛应用^[2]。土壤可蚀性K值能较为清楚的客观反映土壤的抗侵蚀敏感度^[12-13], 其中, 植被类型和土壤侵蚀过程是通过影响土壤的物理和化学系性

质从而来影响土壤可蚀性K值的^[14]。然而, 不同的公式具有不同的物理化学性质, 它们的灵敏度也不相同。通常利用公式法估算土壤可蚀性K值时首先选用诺谟方程, 但它的局限性在于这个方程之中的土壤渗透等级和土壤结构系数不便于进行测量。因此, 在这两种数据缺少的情况下, 可以采用其他模型方法估算土壤可蚀性K值^[20-23]。例如: Epic模型可以根据土壤有机碳含量及其在土壤质地分布中的份额来估算可蚀性K值, 也可以用来模拟土壤侵蚀和土地生产力。而Torri.D模型亦可应用于已获得土壤物理和化学性质数据有限的情况, 该模型可基于土壤力学组成数据估算可蚀性K值。

因此, 在不同区域选择土壤可蚀性K值计算公式时, 需要根据研究区域的实际环境情况进行合理选择, 以确保研究的准确性和合理性。并且土壤可蚀性K值的动态变化特征应该成为后续进一步深入研究的内容, 这对于制定各区域水土保持政策以及进行长期可持续发展规划有着极为重要的意义。

参考文献:

- [1]魏慧, 赵文武.土壤可蚀性K值最优估算方法遴选——以陕北安塞集水区为例[J].中国水土保持科学, 2017, 15(06): 52-65.
- [2]林芳, 朱兆龙, 曾全超, 安韶山.延河流域三种土壤可蚀性K值估算方法比较[J].土壤学报, 2017, 54(05): 1136-1146.
- [3]史东梅, 陈正发, 蒋光毅, 江东.紫色丘陵区几种土壤可蚀性K值估算方法的比较[J].北京林业大学学报, 2012, 34(01): 32-38.
- [4]丁剑宏, 白致威, 陶余铨, 段兴武等.云南省土壤侵蚀[M].北京: 科学出版社, 2019: 18-19.
- [5]王敬贵, 亢庆, 邝高明, 等.尖山河小流域土壤可蚀性K值空间变异研究.生态环境学报, 2014, 23(4): 555-560.