

河北省表层土壤可侵蚀性 K 值评估与分析^①

曹祥会, 龙怀玉, 雷秋良*, 张认连

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 农业部面源污染控制重点实验室, 北京 100081)

摘要: 利用河北土系调查成果中的土壤颗粒组成、土地利用及土壤化学性质等资料, 利用 EPIC 模型中土壤可蚀性 K 值算法以及结合地统计学方法, 研究了不同土壤类型、不同质地及不同土地利用类型的土壤可蚀性 K 值和土壤可蚀性 K 值的空间变异特征。结果表明: ①河北土壤可蚀性 K 值平均为 0.27, 其变化范围为 0.12 ~ 0.40, 土壤可蚀性 K 值在 0.30 ~ 0.35 之间易蚀性土壤面积占总土地面积的 63.71%, 土壤可蚀性 K 值在 0.25 ~ 0.3 之间较易蚀性土壤面积占总土地面积的 21.52%, 这说明该省易蚀性土壤面积较大。②不同质地的 K 值之间显著性差异, 粉砂黏壤质的可蚀性 K 值最大, 为 0.37; 壤砂质的可蚀性 K 值最小, 为 0.13。而在不同的土地利用类型之间的 K 值差异性不显著, 耕地的 K 值最大, 为 0.33; 草地的 K 值最小, 为 0.22。③河北土壤可蚀性 K 值存在较强的变异性, 其变异系数为 29%。因此, 在土壤侵蚀定量监测、评价水土流失时, 应考虑土壤可蚀性 K 值的这种空间变异状况。块金值/基台值为 37.3%, 表明在变程内具有中等强度的空间相关性。步长为 23 km, 变程为 440 km, 变程远大于步长, 表明在小流域尺度下有较好的空间相关性, 进行 Kriging 插值能得到较准确的结果。④河北土壤可蚀性 K 值大体呈现南高北低的空间分布特征, 南部主要是耕作栽培区, 北部主要是自然植被区。该研究结果为宏观大尺度土壤资源可持续利用与制定水土保持规划提供科学依据。

关键词: 颗粒组成; 土壤可蚀性; 土壤类型; 土地利用; 空间分布

中图分类号: S157

土壤侵蚀是全球性的生态问题, 土壤侵蚀使水土流失严重, 农业生产力低下且抵御自然灾害的能力减弱, 生态环境严重恶化^[1]。尽管我国土壤退化类型众多, 但最主要、最严重且分布最广泛的是土壤侵蚀退化。土壤可蚀性是评价土壤对侵蚀敏感程度的重要指标, 国际上通常用 K 值来衡量土壤可蚀性, 反映土壤对侵蚀外营力剥离和搬运的敏感性, 是定量研究土壤侵蚀的基础^[2]。此外, 土壤可蚀性 K 值是国内外水土保持学科的重要研究内容, K 值的研究对认识土壤侵蚀机理、定量估算土壤侵蚀量以及合理进行水土流失防治等均有重要的意义。

从 20 世纪 30 年代到目前, 国内外学者根据不同的研究区提出了不同量化土壤因子评价模型。1965 年 Wischmeier^[3]根据大量实测资料, 提出了通用土壤流失方程(Universal soil loss equation, USLE), 方程中包含土壤可蚀性因子 K, 首次把土壤可蚀性因子 K 与土壤流失量建立定量关系。1971 年 Wischmeier^[4]

根据实测的土壤可蚀性因子与土壤性质的相关性, 建立了土壤可蚀性 K 值与土壤质地、土壤有机质、土壤结构和土壤通透性的关系式 (即诺谟方程)。1990 年 Williams 和 Sharply^[5]在侵蚀-生产力评价模型 EPIC (Erosion-productivity impact calculator) 中, 把土壤可蚀性因子 K 值的计算公式发展为仅与土壤砂粒含量、粉粒含量、黏粒含量和土壤有机碳含量有关的公式, 使土壤可蚀性因子 K 值的计算更简单。我国学者陈明华等^[6]和史学正等^[7]通过研究土壤样品的可蚀性与土壤性质的关系, 分别在福建红壤区和我国东部丘陵区建立了土壤可蚀性 K 值的计算公式。目前, 在我国使用较为普遍的是 Williams 等提出的 EPIC 公式法。杨萍等^[8]以河南省淮河上游鲁山县观音寺小流域为例, 以侵蚀-生产力评价模型(EPIC)计算得到的 K 值来反映土壤抗侵蚀性, 通过插值方法研究该小流域土壤抗侵蚀性的空间分布状况; 张金池等^[9]以江苏省邓下小流域为例, 也以侵蚀-生产力评价模

①基金项目: 国家科技部基础性工作专项重点项目(2014FY110200A07)资助。

* 通讯作者(leiqiuliang@caas.cn)

作者简介: 曹祥会(1990—), 男, 安徽六安人, 硕士研究生, 研究方向为土壤与数字土壤。E-mail: 820646658@qq.com

型(EPIC)中的 K 值来反映土壤抗侵蚀性,通过插值方法研究该小流域土壤抗侵蚀性的空间分布特征。

已有研究表明,土壤可蚀性 K 值受土壤化学性质的影响较小,更多地受土壤物理性质的影响,而土壤物理性质即使在同一种土壤条件下也存在明显的空间变异性^[10-11]。以往的研究通常是按照土壤类型计算 K 值或 K 值在空间上的变异,而本文利用河北省 2010 年土系调查成果的土壤颗粒组成及有机碳资料,从不同土壤类型、土壤质地、土地利用类型及空间变异等方面综合探讨土壤可侵蚀性 K 值,为宏观大尺度土壤资源可持续利用与制定水土保持规划提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

河北省地处华北腹地,内嵌京、津两市,地貌类型丰富,自然条件复杂。地理位置为 36°03'~42°40'N, 113°27'~119°50'E,总面积 18.8 万 km²。地貌有高原、山地和平原,分别占全省总面积的 9.3%、49.5% 和 41.2%,海拔高度大致从西北向东南逐级下降。西部太行山、北部燕山,成半环形环抱河北平原。属温带大陆性季风型气候,全省年平均气温 0~13.0℃;年平均降水量 350~770 mm。发生分类的土类以栗钙土、潮土和棕壤等为主,对应的系统分类的土类为简育干润均腐土、冷凉湿润锥形土、潮湿正常盐成土、简育干润锥形土及简育湿润淋溶土等,土系主要包括后小脑包系、富河系、马营子系、胡太沟系、楼家窝铺系及刘瓦窑系等;土地利用以林地、草地及耕地为主。

1.2 土壤样品采集及处理

观测点的布置综合考虑了当地地质地貌特点、土壤类型以及土地利用方式,在 ArcGIS 中进行叠加,布设了 154 个剖面点(图 1),于 2010 年 8 月进行采集,土壤采样深度 0~30 cm,并用 GPS 记录下剖面点的经纬度和高程,并详细记录采样点周围的景观信息(图 1)。实验室主要根据吸管法测定土壤粒径大小^[12],测完土壤粒径后,将粒径按美国土壤质地分类制(USDA)分为<0.002 mm 的黏粒,0.002~0.05 mm 的粉粒和 0.05~2 mm 的砂粒 3 级。土壤质地组成见图 2,其中以砂壤质为主,占 33.1%,壤质占 24.7%,粉砂壤质占 19.5%,粉砂黏壤质占 7.1%,壤砂质占 5.2%,其他几种质地所占比例较低。

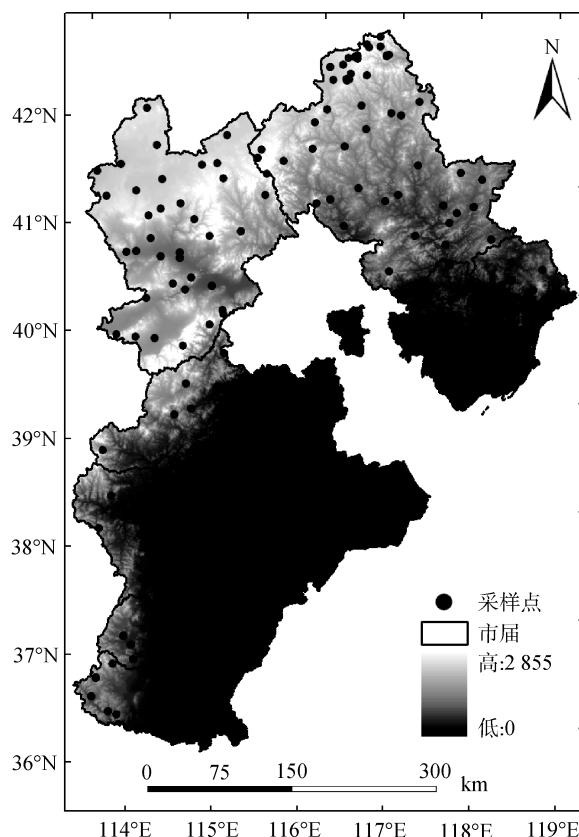


图 1 研究区样点分布图

Fig. 1 The map of sampling sites of the study region

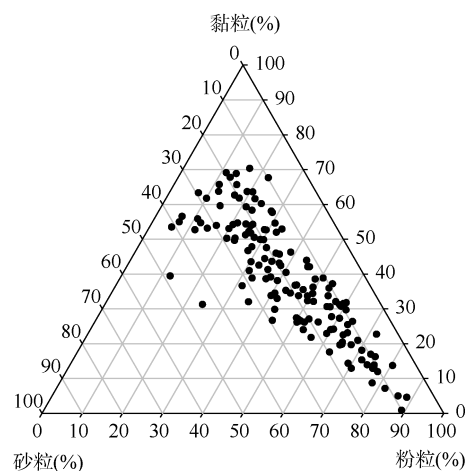


图 2 河北省土壤颗粒组成三重图

Fig. 2 Ternary map of soil particle composition of all samples in Hebei Province

1.3 研究方法

1.3.1 土壤可蚀性 K 值的计算 直接测定 K 值要求的条件较高,一般用土壤性质推算土壤 K 值,最常用的方法是 Wischmeier 提出的可蚀性诺谟公式,可蚀性诺谟公式需要土壤结构系数和渗透级别资料^[13]。而一般土壤调查很少对这些资料进行调查,因此不宜使用此法。Williams 等^[5]在 EPIC 模型中发

展了土壤可蚀性因子 K 值的估算方法,只需要土壤的有机碳和颗粒组成资料即可。郑海金等^[2]采取诺谟公式和 EPIC 经验公式计算了典型红壤坡地区土壤可蚀性 K 值,并利用小区实测法进行了验证,结果表明两种经验公式计算结果与实测值的相对误差均为 4.79%,且这两种经验公式法的 K 值偏差非常小。但考虑到研究区域的基础资料和数据,以及计算结果的可操作性,本文采用 EPIC 中的 K 值作为衡量土壤侵蚀敏感程度的指标,计算公式如下:

$$K = \left\{ 0.2 + 0.3 \exp \left[-0.0256 S_a (1 - S_i / 100) \right] \right\}^{\frac{S_i}{S_i + C_l}} \left[1 - \frac{0.25 C}{C + \exp(3.72 - 2.95 C)} \right] \left[1 - \frac{0.7 S_n}{S_n + \exp(-5.51 + 22.9 S_n)} \right]$$

式中: $S_n = 1 - S_a / 100$; S_a 、 S_i 、 C_l 、 C 分别代表砂粒、粉粒、黏粒和有机碳含量(%)。计算所得的 K 值单位为美制单位($t \cdot hm^2 \cdot h / (hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$),除以 7.593 后转化为国际单位。

1.3.2 统计分析方法 采用 SPSS 17.0 进行统计分析;采用地统计学方法获取各土壤颗粒组成和 K 值的相关参数及半方差模型;空间插值采用 ArcGIS 9.3 的地统计(geostatistical analysis)扩展模块,地统计学的基本理论可参考相关资料^[14-15]。采用 ArcGIS 9.3 进行采样布点设计以及空间分析。

2 结果与讨论

2.1 不同土壤类型的土壤可侵蚀性 K 值

河北省主要有 21 种土类,根据 EPIC 可以计算出不同土壤可侵蚀性 K 值(表 1)。从表中可以看出,该省 K 值平均为 0.27,其变化范围为 0.12~0.40。滨海盐土的 K 值较大(0.40),分布面积为 $2.03 \times 10^3 \text{ km}^2$;风沙土的 K 值较小(0.12),分布面积为 $1.83 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。依据该省的实际情况和 K 值的大小将土壤 K 值分为高易蚀性、易蚀性、较易蚀性、较难蚀性、难蚀性、高难蚀性六级,各类 K 值分级和分布面积详见表 2。土壤可蚀性 K 值在 0.30~0.35 之间易蚀性土壤面积占总土地面积的 63.71%,主要包括砂姜黑土、盐土、栗褐土、褐土、潮土、红黏土及水稻土;土壤可蚀性 K 值在 0.25~0.30 之间较易蚀性土壤面积占总土地面积的 21.52%,主要包括棕壤、石质土、粗骨土及红黏土。这说明该省大部分为易蚀性土壤。而土壤可蚀性 K 值在 0.1~0.25 的难蚀性和较难蚀性土壤面积占总面积的 13.12%,主要包括栗钙土、草甸土、沼泽土、黑土、风沙土和山地草甸土等。门明新等^[13]研究发现,灌淤土的可侵蚀性 K 值最大,其值为 0.44,草原风沙土的侵蚀性 K 值最小,其值为 0.09,本文

研究结果与此较为接近。而土壤可蚀性 K 值在 0.25~0.40 之间的易蚀性和较易蚀性土壤面积占总土地面积的 85.60%^[13],本文研究得出易蚀性和较易蚀性土壤面积占总土地面积的 85.23%,这说明该省较易侵蚀土壤面积呈现增大的变化趋势。

表 1 河北省主要土壤可蚀性 K 值及分布面积
Table 1 Values of soil erodibility (K) and distribution areas of the main soil types in Hebei Province

土壤名称	土壤可侵蚀性 K 值	分布面积 (km^2)
栗钙土	0.19 ± 0.02	1.28×10^4
棕壤	0.29 ± 0.04	2.31×10^4
草甸土	0.17 ± 0.02	6.99×10^2
沼泽土	0.14 ± 0.03	7.10×10^2
石质土	0.25 ± 0.04	3.86×10^3
黑土	0.23 ± 0.01	1.56×10^1
粗骨土	0.26 ± 0.05	1.45×10^4
风沙土	0.12 ± 0.05	1.83×10^3
砂姜黑土	0.35 ± 0.03	6.54×10^2
碱土	0.22 ± 0.01	8.17×10^2
盐土	0.34 ± 0.01	9.52×10^3
灌淤土	0.36 ± 0.04	8.45×10^2
新积土	0.21 ± 0.08	7.45×10^2
栗褐土	0.31 ± 0.06	7.35×10^3
褐土	0.32 ± 0.06	5.08×10^4
潮土	0.34 ± 0.07	4.25×10^4
红黏土	0.30 ± 0.01	8.66×10^0
水稻土	0.35 ± 0.03	4.89×10^2
滨海盐土	0.40 ± 0.01	2.03×10^3
灰色森林土	0.20 ± 0.04	1.06×10^3
山地草甸土	0.23 ± 0.04	4.32×10^2

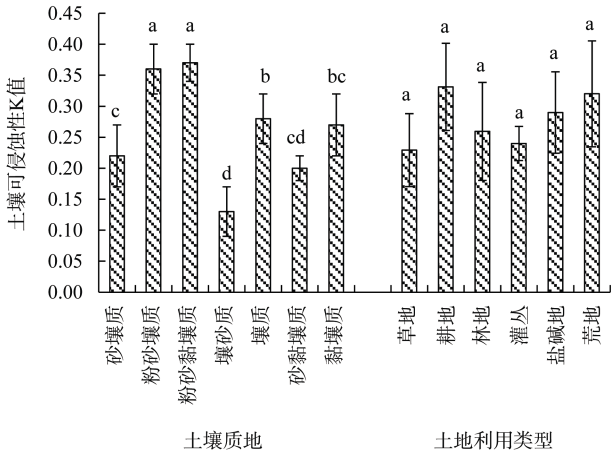
表 2 河北省土壤可蚀性 K 值分级与所占比例
Table 2 Values of soil erodibility (K) and the percents of the total soil area in Hebei Province

K 值类名 ^[13]	K 值变化范围	分布面积 (km^2)	占总面积的比例 (%)
高难蚀土	<0.10	—	—
难蚀土	$0.10 \sim 0.20$	1.71×10^4	9.76
较难蚀土	$0.20 \sim 0.25$	5.87×10^3	3.36
较易蚀土	$0.25 \sim 0.30$	3.76×10^4	21.52
易蚀土	$0.30 \sim 0.35$	1.11×10^5	63.71
高易蚀土	>0.35	2.88×10^3	1.65

2.2 不同质地和土地利用类型的土壤可侵蚀性 K 值

不同质地的土壤颗粒大小不同,土地质地的类型及特点同时也受人们的耕作、施肥、排灌、土地平整等的影响。比较不同质地和土地利用类型之间 K 值的差异,能够反映土壤可侵蚀性 K 值受人为干预的程度。为定量分析不同质地和土地利用类型之间各土壤可侵蚀性 K 值差异是否显著,对其进行了方差分

析($\alpha = 0.05$), 分析结果见图 3。从图 3 可以看出, 不同质地的 K 值变化范围为 0.13~0.37。粉砂黏壤质的可侵蚀性 K 值最大, 其值为 0.37, 除与粉砂壤质不存在差异性外, 与其他土壤质地均存在显著性差异; 壤砂质的可侵蚀性 K 值最小, 其值为 0.13, 除与砂黏壤质不存在差异性外, 与其他土壤质地均存在显著性差异。



(图中小写字母不同表示不同土壤质地或不同土地利用类型间差异达到 $P<0.05$ 显著水平)

图 3 不同土壤质地和土地利用类型的可侵蚀性 K 值
Fig. 3 Erodibility K values of different soil textures and land-use types

从土地利用类型来看, 各土地利用类型之间的 K 值均无明显的差异, K 值变化范围为 0.22~0.33。耕地的 K 值最大, 其值为 0.33; 草地的 K 值最小, 其值为 0.22。荒地、盐碱地及耕地较草地、林地及灌丛的侵蚀性强, 这与郑海金等^[2]分析不同土地利用方式的土壤 K 值所得出的结论较为一致。这可能是由于植被覆盖度的影响, 植被覆盖度越大, 土壤可侵蚀性 K 值越小, 反之, 土壤可侵蚀性 K 值越大。

土壤可侵蚀性 K 值除了与土壤质地和土地利用类型有关外, 还与高程、母质及水域分布等相关。张世文等^[16]研究发现, 海拔高度影响着土壤颗粒的运移速度和方向, 土壤颗粒在重力和地表径流的作用下, 粒径较小的颗粒运移的速度较快, 运移的距离较远。一般而言, 随着海拔高度的逐渐下降, 土壤颗粒呈现越来越细的趋势; 长石岩类风化物、硅质岩类风化物母质属于石英含量较高的酸性岩母质, 发育在该类母质上的土壤一般质地较粗, 即砂粒含量较大, 而粉、黏粒含量较小; 离水域越近的区域, 土壤颗粒越细, 砂粒平均含量最小。这些都是通过影响土壤颗粒的大小而间接影响土壤的质地组成, 进而影响土壤可侵蚀性 K 值。

2.3 土壤可侵蚀性 K 值空间分布特征

2.3.1 描述性统计特征及正态分布性检验 按照经典统计分析方法, 研究区土壤可蚀性 K 值统计特征值列于表 3。从表 3 可以看出, 土壤可蚀性 K 值的变化范围为 0.05~0.44, 最大值是最小值的 8.8 倍, 可见测定值变幅较大。K 值均值为 0.27, 中值为 0.26, 中值和均值接近, 说明在研究区内土壤可蚀性 K 值分布比较均匀, 未受到特异值影响。变异系数反映样本的离散程度, 其划分等级为: 弱变异性, $CV<0.1$; 中等变异性, CV 介于 0.1~1 之间; 强变异性, $CV>1$ ^[17]。该研究区 K 值的变异系数为 0.29, 属于中等程度的空间变异, 造成土壤可蚀性空间变异性的可能原因是研究区土壤质地、地形、土地利用及土壤类型等多种因素的差异性。

表 3 土壤可蚀性 K 值的描述性统计特征值和半方差函数理论模型及其相关参数

Table 3 Descriptive statistics and theoretical semi-variogram models and related parameters of soil erodibility (K)			
参数	土壤可侵蚀性 K 值	参数	土壤可侵蚀性 K 值
最小值	0.05	模型类型	球状模型
最大值	0.44	块金值	0.003
平均值	0.27	基台值	0.008
中值	0.26	块金值/基台值(%)	37.3
标准差	0.08	R^2	0.685
偏度	-0.02	RSS	4.227×10^{-6}
峰值	2.43	变程(km)	440
变异系数(%)	29.63	步长(km)	23
K-S 检验	0.557		

数据的正态分布性是使用地统计学方法进行土壤可蚀性 K 值空间分析的前提^[17]。从描述性统计结果可以看出, 峰度为 2.43, 偏度为 -0.02, 基本符合正态分布。为了进一步明确其分布类型, 对其进行非参数 Kolmogorov-Smirnov 检验, 其吻合度为 0.557 ($P>0.05$), 可见土壤可蚀性 K 值符合正态分布, 满足地统计分析的假设条件。

2.3.2 土壤可蚀性 K 值的半方差函数分析 半方差函数是地统计学解释土壤可蚀性 K 值空间变异结构的理论基础。它有 3 个重要参数: 块金值、变程和基台值, 其中变程反映土壤可蚀性 K 值的空间变异特性, 在变程内相关, 而在变程外土壤可蚀性 K 值空间独立。块金值由测量误差和最小取样间距内土壤性质 (施肥、耕作措施等) 的随机因子引起, 基台值反映区域化变量受结构性因子 (土壤类型、母质、地形、气候等) 影响的程度。土壤可蚀性 K 值的空间相关性可根据块金值与基台值之比来划分^[9], 当块金值/

基台值 < 25%, 变量具有强烈的空间相关性; 块金值/基台值在 25% ~ 75%, 变量具有中等的空间相关性; 而当块金值/基台值 > 75% 时, 变量具有较弱的空间相关性^[18]。半方差函数模型的选择是土壤可蚀性 K 值空间变异结构分析的关键, 本研究采用球状模型作为土壤可蚀性 K 值的半方差函数理论模型(图 4)。

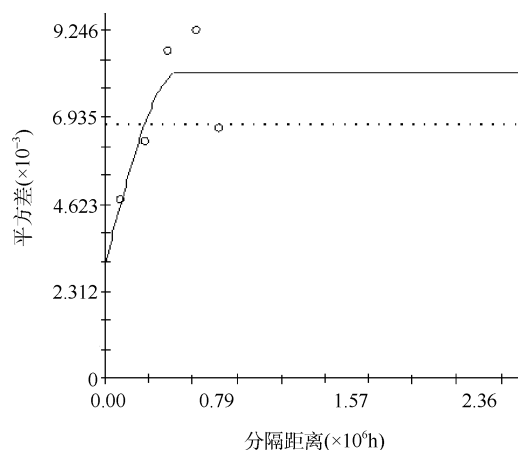


图 4 土壤可侵蚀性 K 值的半方差函数
Fig. 4 Semi-variograms of soil erodibility K

从表 3 和图 4 可以看出, 当土壤可蚀性 K 值的半方差函数理论模型为球状模型时, 块金值为 0.003, 基台值为 0.008, 块金值/基台值为 37.3%, 表明在变程内具有中等强度的空间相关性。步长为 23 km, 变程为 440 km, 变程远大于步长, 表明在小流域尺度下有良好的空间相关性, 进行 Kriging 插值能得到较准确的结果。

2.3.3 土壤可侵蚀性 K 值空间分布特征 从图 5 可以看出, 研究区土壤可蚀性 K 值大体呈现南高北低的分布趋势, K 值较高处 ($K > 0.35$) 位于衡水及沧州等部分地区, 该地区地形属于平原; 最小值 (0.10 ~ 0.20) 主要在北部、南部及中部零星分布, 地形主要是山地。造成土壤可蚀性 K 值的这种空间分布特征的原因主要与土壤结构性因素(土壤类型、母质、地形、气候等)引起的空间变异性程度较大, 随机性因素(施肥、耕作措施、种植制度等)使得土壤可蚀性的空间相关性增强有关。研究区地形是北高南低, 北部是森林、草甸覆盖区, 中南部主要是栽培植被。不同地区下垫面的差异及其人为干扰程度的不同是造成研究区土壤可蚀性 K 值这种分布特征的主要随机性因素。植被覆盖区影响土壤可蚀性 K 值的主要因素是植被类型的差异, 不同植物的土壤根系生长及分布情况不同, 土壤有机质的累积量也不同, 从而导致土壤抗侵蚀能力的强弱也不相同。中南部主要是耕作

区, 地势较低, 由于长期以来受人类耕作种植、过度开发利用等, 土壤有机质分解加速、累积量较低, 土壤颗粒组成受干扰程度较大, 土壤可蚀性 K 值增大, 土壤抗侵蚀能力减弱^[9]。

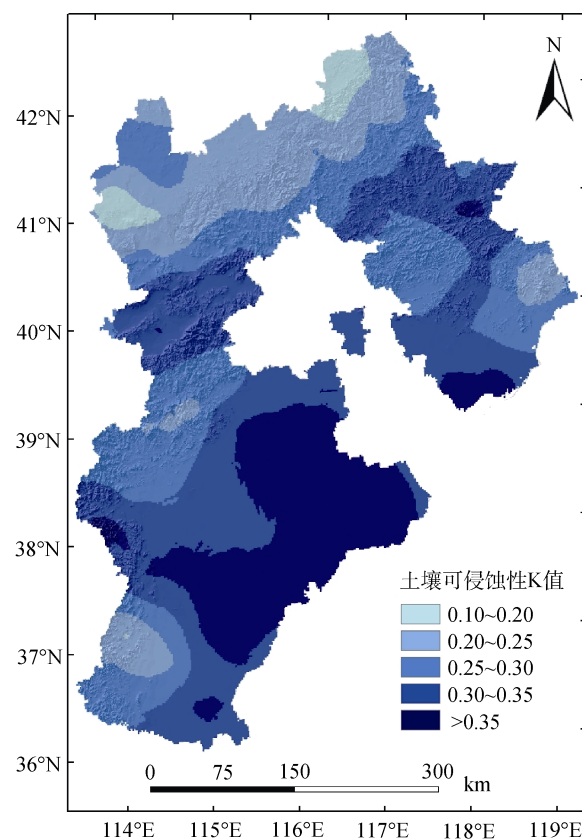


图 5 土壤可侵蚀性 K 值的空间分布特征
Fig. 5 Spatial distribution characteristic of soil erodibility K values

3 结论

1) 利用 EPIC 模型中土壤可蚀性 K 值估算公式, 河北土壤可蚀性 K 值平均为 0.27, 其变化范围为 0.12 ~ 0.40。滨海盐土的 K 值较大 (0.40), 风沙土的 K 值较小。土壤可蚀性 K 值在 0.30 ~ 0.35 易蚀性土壤面积占总土地面积的 63.71%, 主要包括砂姜黑土、盐土、栗褐土、褐土、潮土、红黏土及水稻土; 土壤可蚀性 K 值在 0.25 ~ 0.3 较易蚀性土壤面积占总土地面积的 21.52%, 主要包括棕壤、石质土、粗骨土及红黏土。这说明该省易蚀性土壤面积较大。

2) 不同质地的 K 值在 $\alpha = 0.05$ 水平有显著性差异, 粉砂黏壤质的可蚀性 K 值最大, 其值为 0.37; 壤砂质的可蚀性 K 值最小, 其值为 0.13。而在不同土地利用类型的 K 值之间差异性不显著, 耕地的 K 值最大, 其值为 0.33; 草地的 K 值最小, 其值为 0.22。

3) 河北土壤可侵蚀性 K 值存在较强的变异性, 其变异系数为 29%。因此, 在土壤侵蚀定量监测、评价水土流失时, 应考虑土壤可蚀性 K 值的这种空间变异状况。块金值/基台值为 37.3%, 表明在变程内具有中等强度的空间相关性。步长为 23 km, 变程为 440 km, 变程远大于步长, 表明在小流域尺度下有良好的空间相关性, 进行 Kriging 插值能得到较准确的结果。

4) 河北土壤可蚀性 K 值大体呈现南高北低的空间分布特征, 南部主要是耕作栽培区, 南部主要是自然植被区。由此可见, 自然植被区土壤抗侵蚀能力较强, 耕作栽培区土壤抗侵蚀能力较弱。

参考文献:

- [1] 何丙辉, 廖驰远, 吴咏, 陈晓燕. 遂宁组紫色土坡耕地土壤侵蚀规律研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 9-12
- [2] 郑海金, 杨洁, 喻荣岗, 张华明, 张龙. 红壤坡地土壤可蚀性 K 值研究[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 425-428
- [3] Wischmeier WH. Predicting Rain fall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning[M]. Washington D. C: USDA, Agricultural Handbook, 1965: 537
- [4] Wischmeier WH. A soil erodibility nomograph farmland and construction sites[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971, 26(1): 189-193
- [5] Williams JR, Sharply AN. EPIC-Erosion productivity impact caculator[J]. Model Documentation. US Department of Agriculture Technical Bulletin., 1990: 1 768
- [6] 陈明华, 周伏建, 黄炎和. 土壤可蚀性因子的研究[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 19-24
- [7] 史学正, 于东升, 吕喜玺. 用人工模拟降雨仪研究我国亚热带土壤的可蚀性[J]. 水土保持学报, 1995, 9(3): 399-405
- [8] 杨萍, 胡续礼, 姜小三, 何旭东, 潘剑军. 小流域尺度土壤可蚀性(K 值)的变异及不同采样密度对其估值精度的影响[J]. 水土保持通报, 2006, 26(6): 35-39
- [9] 张金池, 李海东, 林杰, 李奕建, 姜姜, 陶宝先, 张东海. 基于小流域尺度的土壤可蚀性 K 值空间变异[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2 199-2 206
- [10] 张科利, 蔡永明, 刘宝元, 江忠善. 黄土高原地区土壤可蚀性及其应用研究[J]. 生态学报, 2001, 21(20): 1 686-1 695
- [11] 姜小三, 潘剑君, 杨林章, 卜兆宏. 土壤可蚀性 K 值的计算和 K 值图的制作方法研究[J]. 土壤, 2004, 36(2): 177-180
- [12] 刘广通, 海春兴, 李占宏. 应用吸管法进行风沙土机械组成分析的实验研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 122-126
- [13] 门明新, 赵同科, 彭正萍, 宇振荣. 基于土壤粒径分布模型的河北省土壤可蚀性研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(11): 1 647-1 653
- [14] Webster R, Oliver M. Geostatistics for Environmental Scientists[M]. UK: John Wiley & Sons, LTD, 2001
- [15] Goovaerts P. Geostatistics in soil science: State-of-the-art and perspectives[J]. Geoderma, 1999, 89(2): 1-45
- [16] 张世文, 黄元仿, 苑小勇, 王睿, 叶回春, 段增强, 龚关. 县域尺度表层土壤质地空间变异与因素分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(6): 1 154-1 164
- [17] 雷志栋, 杨诗秀, 许志荣, G.瓦肖尔. 土壤特性空间变异性初步研究[J]. 水利学报, 1985, 33(9): 10-21
- [18] Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58(3): 1 501-1 511

Assessment and Analysis of the Topsoil Erodibility K Values in Hebei Province

CAO Xiang-hui, LONG Huai-yu, LEI Qiu-liang^{*}, ZHANG Ren-lian

(Key Laboratory of Nonpoint Pollution Control, Ministry of Agriculture, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: According to soil mechanical compositions, land-use types and soil physicochemical properties in the soil survey, soil erodibility K values of different soil groups, different textures and different land use types and spatial variability characteristics of soil erodibility K values can be studied by using the method of the EPIC model and geostatistics. The results showed that: 1) Soil erodibility K value ranged from 0.12 to 0.40 and mean value was 0.27 in Hebei. The area of soil erodibility K value ranging from 0.30 to 0.35 was 63.71% of the total soil area and that of soil erodibility K value ranging from 0.25 to 0.30 was 21.52% of the total soil area. This indicated that the area of easy erosion soil was larger. 2) The differences were significant between different textures. Soil erodibility K value of silt-clay-loam was maximum (0.37) while that of loamy sand was minimum (0.13). However, there was no significant difference between different land-use types. K value of cultivated land was the largest (0.33) while that of grass was the smallest (0.22). 3) Soil erodibility K values existed strong variability and variation coefficient was 29%. Spatial variability of erodibility K value should be considered when soil erosion was monitored and soil and water loss was evaluated. The ratio of nugget and sill value was 37.3%, which showed that K value had the spatial correlation of moderate intensity within the variable range. Lag size was 23 km and the range was 440 km, which indicated that there was better spatial correlation in the small watershed scale so that Kriging interpolation can get more accurate result. 4) Soil erodibility K value was lower in the north which was mainly natural vegetation region but higher in the south which was mainly the cultivation region. The results of this study can provide scientific basis for sustainable utilization of soil resources and planning of soil and water conservation in larger scale in Hebei Province.

Key words: Particle composition; Soil erodibility; Soil types; Land use; Spatial distribution