

# 岔路河特色农业经济开发区水土流失研究

汤 洁,汪雪格,王春振

(吉林大学环境与资源学院,长春 130026)

**摘 要:**应用修正过的通用土壤流失方程 USLE,在遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术的支持下,确定了吉林省永吉县岔路河特色农业经济开发区的降雨因子、土壤侵蚀因子、坡度坡长因子和植被覆盖因子,估算了这一地区的水土流失模数。通过对这一地区各种土地利用类型进行水土流失分析,提出了保持该地区水土及促进该地区特色农业可持续发展的相应措施。

**关键词:**水土流失;USLE 方程;岔路河;水土保持

**中图分类号:**S157

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)05-0280-02

## Soil Erosion Research of the Characteristic Agricultural Economic Development Zone of Chalube

TANG Jie, WANG Xue-ge, WANG Chun-zhen

(College of Resource and Environment, Jilin University, Changchun 130026, China)

**Abstract:** With the technical support of Remote Sense(RS) and Geographic Information System(GIS), the rainfall factor, soil erosion factor, slope and length factor and vegetation coverage factor of the characteristic agricultural economic development zone of Chalube of Yongji of Jilin Province were accurately estimated and the relationships among those factors were discussed, then, a revised Universal Soil Loss Equation(USLE) was used to calculate the soil erosion modulus of that zone. Through the analysis of every types of land use, the result shows that the quantities of soil erosion in that zone is not so high, then some measures and advice are proposed to promote the development of characteristic agriculture of that zone, based on the theory of sustainable development.

**Key words:** soil erosion; USLE; Chalube; soil and water conservation

## 1 引 言

水土是人类赖以生存和发展的基础资源。在自然条件下,生成 1 cm 厚的土层平均需要 120~400 年不等的时间,所以土壤基本上是一种不可再生的自然资源。随着世界经济的发展和人口的急剧增加,水土流失<sup>[1]</sup>(又称土壤侵蚀)现象日益加剧,已成为当今世界性的环境灾害之一,严重威胁到“社会-经济-自然”这一复合生态系统的稳定和人类的可持续发展,已引起各国政府的高度重视。

水土流失是指地球表层土壤及其母质在水力、风力、冻融、重力及人类不合理的生产活动等外力作用下所发生的各种破坏、分离(分散)、搬运(移动)和沉积的现象<sup>[2]</sup>。水土流失将降低土地尤其是耕地的肥力及可耕性,阻塞沟渠塘库等灌溉水利系统,降低排灌能力,最终导致农业生产力的下降。水土流失现象一旦发生,要想恢复土地原有的农业生产能力,投入的资金、人力、物力将是没有发生水土流失前的几倍甚至几百倍。

## 2 研究区概况

吉林省永吉岔路河特色农业经济开发区由“两镇一乡一

局”(岔路河镇、万昌镇、官厅乡、星星哨水库灌区管理局)组成,总面积 410 km<sup>2</sup>。该区位于 125°33′~126°9′E,43°23′~43°52′N。开发区地处北温带,属大陆性季风气候,寒暑温差较大,四季变化明显。年平均气温 4.9℃,年平均降水量 650~700 mm,年平均风速约 2 m/s。全区地势南高北低,东高西低,东部丘陵起伏,南部山峦重叠,西部和北部为开阔平原,长白山余脉——火石山山脉呈半环形绵延于该区的东南两面。区内土壤以沙质壤土和沙质黏壤土为主。饮马河、岔路河等大小 7 条河流流经开发区,汇入长春市的水源地——石头口门水库。

永吉岔路河特色农业经济开发区是经联合国工业发展组织投资与技术促进处确认的“绿色产业科技示范园区”,于 2002 年通过了 ISO-14000 国际环境管理体系认证,拥有“万亩绿色水稻基地”的称号,被誉为“全国水稻第一乡”。对该地区进行水土流失研究,既可以了解全区的水土保持和流失状况,同时也为保护水源地、促进该地区生态农业的可持续发展奠定良好的理论基础。

## 3 研究方法

植被与土壤是地球表层的主要组成物质,也是侵蚀和抗

\* 收稿日期:2005-11-03

基金项目:吉发改高技联字[2004]987 号

作者简介:汤 洁(1957-),女,长春人,教授,博士生导师,主要从事生态环境系统与信息管理研究。

侵蚀能力的基本因子。土壤是被侵蚀的对象,植被则是制约土壤侵蚀的主要控制因子。研究表明,各种植被和各类土壤在遥感光谱中呈现各自特有光谱特征,正是这种光谱特征,为水土流失遥感监测提供了理论依据。

地理信息系统(GIS)是融计算机图形和数据库于一体,储存和处理空间信息的高新技术。它把地理位置和地理属性有机结合起来,根据实际需要在计算机上准确地进行空间分析和可视化表达。

通用土壤流失方程(USLE, Universal Soil Loss Equation; Wischmeier and Smith, 1978),是应用土壤流失理论及在对大量实地观测数据进行统计分析的基础上而建立起来的理论模型。它是美国科学家在 1958 年研究本国 36 个地区,8000 多个径流小区一年的观测数据后得出的成果,其数学表达式为:

$$E = R \cdot K \cdot LS \cdot P \cdot C \tag{1}$$

式中:  $E$ ——年土壤流失模数( $t/hm^2 \cdot a$ );  $R$ ——降雨侵蚀因子;  $K$ ——土壤可蚀性因子;  $LS$ ——坡度坡长因子;  $P$ ——水土保持措施因子;  $C$ ——植被覆盖因子。

本文通过对岔路河地区自然地理资料的收集、整理,得到该地区的植被类型、土壤类型及降水等统计数据 and 图件。在遥感软件 ERDAS IMAGINE8.5 的支持下对全区 2001 年的 ETM 卫星数据进行解译分析,得到土地利用、植被覆盖和地形、地势等图像。在 GIS 软件 ARC/INFO8.0 的支持下对上述各种图件进行数字化处理,提取相关数据,应用 USLE 方程估算该区不同土地类型的水土流失模数。

### 4 水土流失模数的计算

USLE 模型为经验模型,在具体应用时根据实地特征对参数的参数进行适当的修改。本文对岔路河地区进行水土流失模数估算时,考虑到岔路河地区与松花湖西北部相邻,所以选用了吉林林学院针对松花湖地区研究的修改模型<sup>[3]</sup>。模型将方程中水土保持措施因子  $P$  和土壤可蚀性因子  $K$  合并为一个因子——土壤侵蚀因子  $K_p$ ,修改后的模型为:

$$E = R \cdot K_p \cdot LS \cdot C \tag{2}$$

式中:  $E$ ——土壤流失模数;  $R$ ——降雨侵蚀因子;  $K_p$ ——土壤侵蚀因子;  $LS$ ——平均坡度坡长因子;  $C$ ——植被覆盖因子。

#### 4.1 降雨侵蚀因子

降雨侵蚀因子  $R$  是指降雨过程对土壤的侵蚀力,它被定义为降雨动能和最大 30 min 降雨强度两个暴雨特征值的乘积。通常年平均降雨侵蚀因子  $R$  多采用 Wischmeier 经验公式<sup>[4]</sup>计算得到。

$$R = \frac{1}{1} 1.735 \exp(1.51 g \frac{P^2}{P} - 0.8188) \tag{3}$$

该公式既考虑年降水总量,又考虑降水的年内分布。式中:  $P_i$ ——次级流域各月平均降雨量(mm);  $P$ ——次级流域年平均降雨量(mm)。

根据岔路河地区气象部门降雨资料计算得到的  $R$  值为 29.74。

#### 4.2 土壤侵蚀因子

土壤侵蚀因子  $K_p$  是对某一特定土壤固有可侵蚀性的一种定量描述。在其它影响因子相同时,  $K_p$  反映了不同土壤类型的侵蚀速率。根据 EL - Swaify<sup>[5]</sup> 等人(1982)的研究,土壤侵蚀因子与土壤机械组成及土壤有机质的含量密切相关。本文根据岔路河流域的土壤类型、机械组成及有机质含量等资料,依照土壤侵蚀因子的一般数量级指标表<sup>[6]</sup>(见表 1)得到相应的  $K_p$  值。

#### 4.3 坡度坡长因子

反映地貌特征的坡度坡长因子  $LS$  是 USLE 中的重要参数。一般情况下坡度  $S$  的获取可以采用数字高程模型(DEM)计算获取。坡长因子由经验公式得到。根据岔路河地区的地貌特征,参考临近地区水土流失试验得出的经验公式<sup>[7]</sup>,本研究区域  $LS$  值可由如下非线性方程确定:

$$LS = (\frac{1}{22.13})^m \times (0.085 + 0.045S + 0.00025S^2) \tag{4}$$

式中: ——平均坡长。 = 500/(cos  $\alpha$   $\times$   $S/180^\circ$ );  $S$ ——平均坡度;  $m$ ——系数/ $m = 0.3$  (坡度  $22.5^\circ$ ;  $m = 0.25$  ( $17.5^\circ$  坡度  $22.5^\circ$ ;  $m = 0.2$  ( $12.5^\circ$  坡度  $17.5^\circ$ ;  $m = 0.15$  ( $7.5^\circ$  坡度  $12.5^\circ$ ;  $m = 0.10$  (坡度  $7.5^\circ$ ))。

4.4 植被覆盖因子

表 1 不同有机质含量的土壤侵蚀因子

土壤类型	侵蚀因子		
	有机质含量 < 0.5 %	有机质含量 2 %	有机质含量 4 %
沙土	0.05	0.03	0.02
细沙土	0.16	0.14	0.10
特细沙土	0.42	0.36	0.28
壤质粗沙土	0.12	0.10	0.03
壤质沙土	0.24	0.20	0.16
壤质细沙土	0.44	0.38	0.30
沙壤土	0.27	0.24	0.19
细沙壤土	0.35	0.30	0.24
特细沙壤土	0.47	0.41	0.33
壤土	0.38	0.34	0.29
粉砂壤土	0.48	0.42	0.33
粉砂土	0.60	0.52	0.42
沙黏壤土	0.27	0.25	0.21
黏壤土	0.28	0.25	0.21
粉砂黏壤土	0.37	0.32	0.26
沙质黏土	0.14	0.13	0.12
粉砂黏土	0.25	0.23	0.19
黏土	0.13 ~ 0.29		

表 2 地面不同植被的 C 值表

植被	地表覆盖度/ %					
	0	20	40	60	80	100
农作物	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
草地	0.45	0.24	0.15	0.09	0.043	0.011
灌木	0.4	0.22	0.14	0.085	0.040	0.011
乔灌混合	0.39	0.20	0.11	0.06	0.027	0.007
茂密森林	0.1	0.08	0.08	0.02	0.004	0.001

通过大量对比观测和试验发现,土壤的抗侵蚀能力随着植被覆盖度的增加而增加。在其它条件一定时,侵蚀量与植被覆盖率成反比。若植被覆盖率 > 70 % 时,地表的侵蚀量极其微弱(侵蚀量还不及裸地的 1 %)。植被覆盖率 < 10 % 时,它的减蚀作用基本没有反映<sup>[8]</sup>。不同植被类型的  $C$  值<sup>[9]</sup>见表 2。

#### 4.5 水土流失模数的计算

依据 USLE 方程(2 式)将上述各因子图在 ARC/INFO 软件中进行叠加,获得各个图形单元的水土流失模数。通过统计各种土地利用类型的水土流失模数,得到全区各种土地利用类型的平均水土流失模数(见表 3)。结合研究地区的实际情况,将水土流失危险等级<sup>[10]</sup>划分为 4 级(表 4)。

### 5 结果分析

(1)由表 3 和表 4 可知岔路河地区水土流失总体水平较小,流失程度在“正常”和“轻度”范围的土地面积占总土地面积

(下转第 285 页)

参考文献:

[1] 郑永春,王世杰.<sup>137</sup>Cs 技术定量侵蚀速率常用模型及其讨论[J].山地学报,2002,20(5):600-605.

[2] 杨明义,田均良,刘普灵.应用<sup>137</sup>Cs 研究小流域泥沙来源[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(3):49-53.

[3] F. Zapata. Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sendimentation Using Environmental Radionuclides[M]. Kluwer Academic Publishers,USA,2002 IAEA. Prined in the Netherlands,2002.185-215.

[4] 冷疏影,冯仁国,李锐,等.土壤侵蚀和水土保持学科重点研究领域与问题[J].水土保持学报.2003,18(1):2-26.

[5] W H Blake, D E Walling, Q He. Fallout beryllium - 7 as a tracer in soil erosion investigations[J]. Applied Radiation and Isotopes,1999,51:599-605.

[6] Katsumi Hirosea, Teruyuki Hondab, S Yagishitab,et al. Deposition behaviors of <sup>210</sup>Pb, <sup>7</sup>Be and thorium isotope observed in Tsukuba and Nagasak[J].Japan, Atmospheric Environment,2004,38:6 601-6 608.

[7] D. Al - Azmi, A M Sayed, H A Yatim. Variations in <sup>7</sup>Be concentrations in the atmosphere of Kuwait during the period 1994 to 1998[J]. Applied Radiation and Isotopes,2003,55:413-417.

[8] Russell T Salisbury, John Cartwright. Cosmogenic Be deposition in North Wales:<sup>7</sup>Be concentrations in sheep faeces in relation to altitude and precipitation[J]. Journal of Environmental Radioactivity,2005,78:353-361.

[9] Walling, D E, & He, Q. Use of fallout <sup>137</sup>Cs in investigations of overbank sediment deposition on river floodplains[J]. Catena, 1997,29, 263-282.

(下转第 287 页)

(上接第 281 页)

积的 94%,与当地土地管理部门的统计值 92%相吻合。

表 3 各地类平均水土流失模数及等级表

地类	面积/hm <sup>2</sup>	平均侵蚀模数/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	等级
有林地	92.878	1480.472	2
灌木林	3.685	1264.902	2
疏林地	5.203	1115.259	2
滩地	7.019	3978.171	3
农村居民点	32.083	678.8155	2
水田(丘陵)	1.047	587.5672	2
水田(平原)	166.593	40.18469	1
旱田(山地)	5.978	841.7222	2
旱田(丘陵)	3.565	141.6516	1
旱田(平原)	84.361	60.27555	1
水面	14.604		

表 4 水土流失量及流失程度等级

级别	流失程度	流失量/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
1	正常	0~500
2	轻度侵蚀	500~2500
3	中度侵蚀	2500~5000
4	强度侵蚀	>5000

(2)山地、丘陵地带由于坡度较大,坡长较长,水土流失比较严重,而具有相同地表植被覆盖率的平原地带水土流失较轻;

(3)水田地势比较平坦,是主要的绿色稻米产区,植被覆盖率很高,因此其水土流失模数很小;

(4)旱田表层土壤土质松软、含水量小、有机质含量低、黏度差,虽然种植大豆、玉米等农作物,但土壤可蚀性较大,与水田相比在相同的植被覆盖和坡度条件下,水土流失模数

参考文献:

[1] 景可,王万忠,郑粉莉.中国土壤侵蚀与环境[M].北京:科学出版社,2005.

[2] 唐德富,包忠谟.水土保持[M].北京:水利电力出版社,1991.10-63.

[3] 孙继武,杨庆才,宋文和.保护生命之水——松花湖环境整治与综合开发研究[M].长春:吉林科学技术出版社,1997.

[4] 王珂,许红卫,王人潮.应用污染模型和地理信息系统评价和管理农业非点源污染[J].环境污染与防治,1997,19(6):30-31.

[5] EI- Swaify S A, E W Dangler, C L Armstrong. Soil eroion by Water in the Tropics[R]. HITAHR - College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Research Extension Series 024. 1982. 92-94.

[6] Morgan P R C, Davidson D A. Soil Erosion and Conservation[M]. England: Longman Group UK Limited, 1986.

[7] 陈克平,宁大同.基于 GIS 非点源污染模型的地形因子分析[J].北京师范大学学报(自然科学版),1997,33(2):281-284.

[8] 马超飞,马建文,布和敖斯尔. USLE 模型中植被覆盖因子的遥感数据定量估算[J].水土保持通报,2001,21(4):6-9.

[9] 陆书玉,栾胜基,朱坦.环境影响评价[M].北京:高等教育出版社,2001.

[10] 游松财,李文卿. GIS 支持下的土壤侵蚀量估算[J].自然资源学报,1999,14(1):62-68.

是水田的 1.5 倍;

(5)平原耕地地区,由于植被覆盖率高,地势平坦,所以水土流失现象几乎不发生。而农村居民主要居住区,由于植被覆盖率低,水土流失现象相对于耕地区要大许多。

6 结 论

(1)在 RS、GIS 的支持下,利用修正的通用土壤流失方程进行水土流失模数的计算,能综合考虑多方面因素,进行多因子分析,能准确预测土壤侵蚀量,对于制定水土保持对策具有重要意义。

(2)水土流失模数的大小是降雨、地形、植被等因子综合作用的结果。在降雨因子相同的情况下,水土流失模数大小主要由植被和坡度两个因子决定。其中,植被覆盖因子起到决定性作用,在相同植被条件下,随坡度的增加,水土流失模数相应增加;不同植被条件下,水土流失模数呈现明显差异。

(3)人类活动对水土流失有直接影响。水土流失高发区多分布在人为活动频繁、天然植被破坏严重的地区,如陡坡旱地和居民地等地区。

(4)水土流失的治理应以防为主,因地制宜。在水土流失高发的丘陵区,应严格禁止毁林开荒,保护现有的森林植被。在坡度较大的耕地应实行退耕还林、还草,大力植树造林,提高植被覆盖率。在坡度较小的耕地,应推广施用农家肥,推行秸秆还田,改良土壤,增加残茬覆盖率。在人口相对集中的居民区,应大力植树种草,美化环境。通过采取上述多种措施,才能达到减少土壤侵蚀,防治水土流失的目的。