

# 安徽大别山区坡耕地土壤流失量 回归方程的研究

吴素业

(安徽省岳西县水利电力局·安徽省岳西县·246600)

## 提 要

通过对安徽大别山区的实测资料,运用多元回归分析的方法,建立了适用于该地区的坡耕地土壤流失量回归方程式,为水土流失的监测预报和小流域治理工作提供了定量依据。

关键词: 坡耕地 土壤流失量 回归方程

## Regression Equation of Soil Loss Amount on Slope Land in Dabieshan Area of Anhui Province

Wu Suye

(Water Conservancy and Electric Power Bureau of Yuexi County  
in Anhui Province ,Yuexi Anhui,246600)

## Abstract

A regression equation of soil loss amount on slope land ,which suits for Dabieshan area of Anhui province, has been developed using the investigative data in this area and the multiple regression algorithm. It will provide a quantitative tool for the monitor and forecast of soil and water loss and the control work in small watershed.

**Key words** slope land soil loss amount regression equation

在山区不同土地利用中,以坡耕地水土流失最为突出,其水土流失量的大小,是进行水土保持规划与措施设计和治理效益分析的重要依据。目前,坡耕地土壤流失量的推算多是定性的估算,由于缺乏定量的实测资料,计算结果精度较低,美国提出的通用土壤流失方程式,在各国并不通用。为推求出本地区坡耕地土壤流失量的计算公式,进行了本项研究。

## 一、变量的选取与研究方法

试验布设在地处安徽大别山腹部的岳西县水保站试验地,其地质条件、土壤结构、类型与整个地区一致。在耕作方式上,按当地习惯,基本沿等高线横坡耕作,并以一年两熟制的传统耕作方法进行模拟试验。故在分析中将地质、土壤、耕作方式,以及地形因子中的坡长四个参数视为静态不变的常量不予考虑。所需分析的自变量为:降雨侵蚀力( $R$ ),地面坡度( $\theta$ ),以及植被覆盖率( $c$ )。

为了求得  $R$ 、 $\theta$ 、 $C$  因子与土壤流失量( $M$ )之间的定量关系,点绘了自变量与因变量关系图。分析二者之间的相关形态与密切程度, $R$ 、 $\theta$ 、 $C$  与  $M$  关系的变化呈非线性分布趋势。根据分布形态,选

择幂函数模型作回归分析:

$$M = d R^a \theta^b C^c \quad (1)$$

各因子确定方法如下:

1. 降雨侵蚀力( $R$ ):根据笔者研究分析结果,采用下式计算:

$$R = \Sigma E \cdot I_{60} \quad (2)$$

式中: $R$ ——降雨侵蚀力( $J/m^2$ );  $\Sigma E$ ——一次降雨总动能( $J/m^2 \cdot cm$ );

$I_{60}$ ——一次降雨中最大60min雨强( $cm/h$ )。

2. 地面坡度( $\theta$ ):按实际地面坡度( $^\circ$ )代入。

3. 植被覆盖率( $C$ ):当植被覆盖率为零时,为使方程仍能成立,故计算时用下式代入:

$$C = 100 - C' \quad (3)$$

式中: $C'$ ——植被覆盖率( $\%$ )。

## 二、回归计算与结果分析

将因变量  $M$ , 自变量  $R, \theta, C$  经  $y, x_1, x_2, x_3$  代换, 方程两边取对数后, 线性方程如下:

$$\lg y = \lg d + b_1 \lg x_1 + b_2 \lg x_2 + b_3 \lg x_3 \quad (4)$$

$$\text{令: } y' = \lg y \quad a = \lg d \quad x'_1 = \lg x_1 \quad x'_2 = \lg x_2 \quad x'_3 = \lg x_3$$

$$\text{则: } y' = a + b_1 x'_1 + b_2 x'_2 + b_3 x'_3 \quad (5)$$

根据最小二乘法原理, 欲使实测值  $y$  与回归值  $y'$  的残差平方和最小, 回归系数  $b_1, b_2, b_3$  必须满足下列方程组:

$$\begin{cases} S_{11}b_1 + S_{12}b_2 + S_{13}b_3 = S_{10} \\ S_{21}b_1 + S_{22}b_2 + S_{23}b_3 = S_{20} \\ S_{31}b_1 + S_{32}b_2 + S_{33}b_3 = S_{30} \end{cases} \quad (6)$$

根据本站6年(1986~1991年)308组实测资料计算结果如下:

$$S_{11} = \Sigma(x'_1 - \bar{x}'_1)^2 = \Sigma(x'_1)^2 - (\Sigma(x'_1))^2/n = 692.9924 - (442.1648)^2/308 = 58.2206$$

$$s_{22} = \Sigma(x'_2 - \bar{x}'_2)^2 = \Sigma(x'_2)^2 - (\Sigma(x'_2))^2/n = 368.7859 - (335.4736)^2/308 = 3.3881$$

$$s_{33} = \Sigma(x'_3 - \bar{x}'_3)^2 = \Sigma(x'_3)^2 - (\Sigma(x'_3))^2/n = 819.9362 - (491.876)^2/308 = 34.4102$$

$$s_{12} = \Sigma(x'_1 - \bar{x}'_1)(x'_2 - \bar{x}'_2) = \Sigma x'_1 x'_2 - (\Sigma x'_1)(\Sigma x'_2)/n = 479.7424 - (442.1648 \times 335.4736)/308 = -1.8635$$

$$S_{13} = \Sigma(x'_1 - \bar{x}'_1)(x'_3 - \bar{x}'_3) = \Sigma x'_1 x'_3 - (\Sigma x'_1)(\Sigma x'_3)/n = 705.0273 - (442.1648 \times 491.876)/308 = -1.1099$$

$$s_{23} = \Sigma(x'_2 - \bar{x}'_2)(x'_3 - \bar{x}'_3) = \Sigma x'_2 x'_3 - (\Sigma x'_2)(\Sigma x'_3)/n = 527.5496 - (335.4736 \times 491.876)/308 = -8.2017$$

$$s_{10} = \Sigma(x'_1 - \bar{x}'_1)(y' - \bar{y}') = \Sigma x'_1 y' - (\Sigma x'_1)(\Sigma y')/n = 642.8892 - (442.1648 \times 415.6768)/308 = 46.1436$$

$$s_{20} = \Sigma(x'_2 - \bar{x}'_2)(y' - \bar{y}') = \Sigma x'_2 y' - (\Sigma x'_2)(\Sigma y')/n = 453.4394 - (335.4736 \times 415.6768)/308 = 0.6842$$

$$s_{30} = \Sigma(x'_3 - \bar{x}'_3)(y' - \bar{y}') = \Sigma x'_3 y' - (\Sigma x'_3)(\Sigma y')/n = 675.1209 - (491.876 \times 415.6768)/308 = 0.6842$$

$$\times 415.6768)/308 = 11.2851$$

将以上计算结果代入(6)式,将其系数项与常数项组成的增广矩阵  $A$  依次对  $b_1, b_2, b_3$  诸元按公式:

$$S_{ij} \begin{cases} S_{ij}^{(i)}/S_{ii}^{(i)} & (i = k) \\ S_{ij}^{(i)} - S_{ii}^{(i)}S_{kj}^{(i)}/S_{kk}^{(i)} & (i \neq k) \end{cases} \quad (7)$$

实行逐列消去变换:

$$A_{(0)} = \begin{cases} 58.2206 & -1.8635 & -1.1099 & 46.1436 \\ -1.8635 & 3.3881 & -8.2017 & 0.6842 \\ -1.1099 & -8.2017 & 34.4102 & 11.2851 \end{cases} \quad A_{(3)} = \begin{cases} 1 & 0 & 0 & 0.9363 \\ 0 & 1 & 0 & 3.7441 \\ 0 & 0 & 1 & 1.2506 \end{cases}$$

求得回归系数值  $b_1=0.9363$   $b_2=3.7441$   $b_3=1.2506$

因为:  $\bar{X}'_1 = \Sigma x'_1/n = 1.4356$   $\bar{X}'_2 = \Sigma x'_2/n = 1.0892$

$\bar{X}'_3 = \Sigma x'_3/n = 1.5970$   $\bar{y}' = \Sigma y'/n = 1.3496$

所以常数项  $a = \lg d = \bar{y}' - b_1\bar{x}'_1 - b_2\bar{x}'_2 - b_3\bar{x}'_3 = -6.0698$

即:  $d = 8.51 \times 10^{-7}$

将  $b_1, b_2, b_3, d$  值代入(1)式,求得坡耕地土壤流失量回归方程为:

$$M = 8.51 \times 10^{-7} R^{0.9363} \theta^{3.7441} C^{1.2506} \quad \text{复相关系数 } r = \sqrt{U/S_{00}}$$

式中:  $S_{00} = \Sigma M^2 - (\Sigma M)^2/n = 785.3964 - (415.6768)^2/308 = 224.399$

$U = S_{00} - Q = 224.399 - 20.3999 = 203.9991$

故  $r = \sqrt{203.9991/224.399} = 0.909$

$$\text{剩余标准差 } S_y = \sqrt{\frac{Q}{n-K-1}} = \sqrt{\frac{20.3999}{308-3-1}} = 0.259 \quad K=3$$

当显著水平  $\alpha=0.01$ ,总自由度  $f=307, f_1=3, f_2=304$ ,查表得  $F$  的临界值为 3.80, 实  $F$  值为 1013.4083(见附表)。说明回归计算效果,在 99% 信度水平表现为极显著。

附表 方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	$F$
回归	203.999 1	3	67.999 7	1 013.4083
残差	20.399 9	304	0.0671	
总计	224.399 0	307		

### 三、结 语

本文通过对安徽大别山区坡耕地的实测资料,用多元回归分析方法推求的坡耕地土壤流失量回归方程式,复相关系数  $r=0.909$ , 剩余标准差  $S_y=0.259, F=1013.4083$ , 回归效果在 99%, 信度水平表现显著。回归计算值与实测值相比较,偏差绝对值为 0.5~26.2t/(km<sup>2</sup>.a), 相对误差为 0.06%~12.35%, 说明计算值具有一定的精度, 自变量与因变量之间相关程度密切, 能够综合反映降雨侵蚀力、地面坡度、植被覆盖率对土壤侵蚀作用的重要影响。

本文根据岳西县水保试验站实测资料分析提出的坡耕地土壤流失量回归方程式, 比其它推算方法较为准确, 在使用上也比通用土壤流失方程式简便。由公式不仅可以推算一次降雨所产生的土壤侵蚀量, 也可以在已知年降雨侵蚀力和年均植被覆盖率的情况下, 按方程式求出一年的土壤侵蚀量。还可以反向运用, 即根据已确定的允许土壤侵蚀量和降雨侵蚀力量值, 按公式计算选择出植被

覆盖率 and 地面坡度临界值,为水土保持措施设计提供依据,用途较为广泛。因此,该方程式的建立,为本地区水土流失动态的预报和水土保持规划、治理措施设计以及效益分析,提供了量化计算依据。

#### 参 考 文 献

[1]吴素业.安徽大别山区降雨侵蚀力指标的研究.《中国水土保持》,1992年,第2期

### 书 讯

## 《黄土高原旱地农业的理论与实践》

### 即 将 出 版

由中国科学院、水利部西北水土保持研究所山仑研究员主编、陈国良研究员任副主编的《黄土高原旱地农业的理论与实践》一书,即将由科学出版社出版发行。中国科学院原副院长、学部委员李振声研究员为该书作序,并给予高度评价。

该书以作者长期在黄土高原田间试验及综合考察的资料为基础,结合国内外旱地农业生产的成功经验和发展趋势,就黄土高原旱地农业的生态环境、作物资源及生态适应性,旱地农业分区与发展战略,以及提高旱作农田生产力的原理与技术等方面进行了系统介绍。书中包括了大量试验和调查研究资料,提出了发展黄土高原旱地农业生产的若干基本论点,是一部理论与实践紧密结合的旱地农业专著,可供农业、水利、水保、土壤、气象和农业区划等方面工作人员阅读,也可作为农业、环境和生态学等有关部门领导,以及研究人员参考。该书为16开本,约40万字,1993年12月出版发行,各地新华书店经销。需要者可直接与科学出版社第二编辑室潘秀敏联系。地址:北京东黄城根北街16号,邮编100707。

(黄占斌供稿)