

影响水土流失主要因子的研究

赵鸿雁 吴钦孝 韩 冰 吴瑞雯

(中国科学院西北水土保持研究所 陕西杨陵 712100)
水利部

李 靖

(黄河上中游管理局 西安 710043)

摘 要 利用主分量分析的方法对人工油松林地影响水土流失的主要因子进行了分析。研究结果表明:径流势能、根量、郁闭度对水土流失起决定性作用而尤认径流势能最为突出。在9个影响水土流失的因子中,影响水土流失大小的顺序依次是:径流势能、根量、郁闭度、 I_{30} 、枯枝落叶厚度、降水量、降水历时、 I_{10} 。

关键词 水土流失 主要因子 径流势能 降雨量 平均雨强 郁闭度 枯枝落叶 根量

Study on the main Factors Affecting of Soil and Water Loss

Zhao Hongyan Wu Qinxiao Han Bing Wu Ruiwen

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy
Sciences and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

Abstract The main factors affecting of soil and water loss in the woodland of artificial chinese pine forest have been analysed by using the method of principal components analysise. The results of reasarch show runoff potential energy, roots amount and the coverage of forest are main factors affecting of soil and water loss and runoff potential energy is the most important factor among them. The order of the factors affecting of soil and water loss is runoff potential energy, roods amount, the ratio of forest cover, I_{30} , the thickness of litter, I , precipitation, rain time, I_{10} .

Key words soil and water loss main factors runoff potential energy precipitation I
the coverage of forest litter roots amount

水土流失的研究正在日趋完善,尤其是单因子影响水土流失的研究更为深刻和广泛^[1,2]。只因影响水土流失的因子多而复杂,单因子对水土流失的影响毕竟有限;单因子之间又相互抑制、增益。所以,研究所有因子的结合对水土流失的综合影响不仅全面透视了构成水土流失事件整体特性;也完全反映了它们之间的相互关系、综合效应,克服了单因子对水土流失影响的片面性。虽然影响水土流失的因子众多,但在该类因子中确有一部分对水土流失的量起决定性作用,能够代表所有因子

的影响趋势。因此,确定影响水土流失的主要因子可以排除因子繁多、主次不明的混乱性;也能阐明主要因子的决定性和重要性,为认识水土流失机理提供依据。

1 研究区自然概况

试验区设在黄龙山东缘宜川县铁龙湾林场。该区海拔1 500m,年平均气温9.8℃,年降水量574.4mm,土壤为褐色森林土,地带性植被为落叶阔叶林。供试验的油松林为1963年植造,初植密度6 000株 hm^2 ,1983年抚育间伐,目前2 100~2 400株 hm^2 ,平均树高9~10m,胸径10~11cm,郁闭度0.75~0.85。

2 研究方法

在26年生人工油松林内选择有代表性地段,建立径流小区8个,水平投影面积100 m^2 。为了研究下垫面对水土流失的影响,对径流小区做如下处理:采伐上层林木,保护好林内的枯枝落叶及迅速萌发的草灌层,并调查盖度;取掉林地枯枝落叶层;采伐上层林木并垦为荒地;自然林分。

在天然降水时观测林地的径流和泥沙,历时7年(1988~1994年)。由于实验区的土壤类型、坡度变化均不大,故对其未列入分析。探讨了降雨及其衍生因子和下垫面性质的诸因子中影响水土流失的主要因子。用主分量分析的数学方法^[3],求得多年观测资料中各因子的主分量,确定出影响水土流失的主要因子。

3 结果分析

3.1 影响水土流失的因子分述

降雨是产生水土流失的主要原因,考虑了它们中的以下因子:降雨历时 x_1 、降雨量 x_2 、平均降雨强度 x_3 、 I_{30} 最大雨强 x_4 、 I_{10} 最大雨强 x_5 、径流势能 x_6 。由于降雨动能与水土流失的关系在文献^[15]中已有人专门论述,在此没有考虑。下垫面性质用以下几个因子:林冠层用郁闭度表示和草灌层用盖度表示 x_7 、枯枝落叶层用厚度表示 x_8 、根系层用根量表示 x_9 。依据文献^[4],径流势能用以下公式计算:

$$Er = \frac{1}{2}(P - V_m) \cdot g \cdot s \cdot h = \frac{1}{2}r \cdot g \cdot s \cdot h. \quad r = p - V_m$$

Er 径流势能 J ; P 降雨量 mm ; V_m 水土流失系统的容量 mm ; g 重力加速度 m/s^2 ; S 水土流失系统的面积 m^2 ; h 坡长的垂直投影 m ; r 径流量 mm 。

通过野外7年的观测资料,用75组数据进行了主分量分析。

3.2 主分量分析的结果

3.2.1 各变量的均值和方差:由表1可见,方差变化最大的因子为 x_6 、 x_9 、 x_8 、 x_2 ,对应的变量是径流势能、根量、枯枝落叶厚度和降雨量。方差的大小表明了样本平均值与样本值之间变异程度的大小。方差变化最小的是 x_3 平均降雨强度。

表1 各变量的平均值和方差

| 变 量 | 平 均 值 | 方 差 |
|-------|----------|--------------|
| x_1 | 9.726 | 51.300 |
| x_2 | 33.977 | 109.709 |
| x_3 | 0.115 | 0.017 |
| x_4 | 0.280 | 0.042 |
| x_5 | 0.566 | 1.870 |
| x_6 | 5929.241 | 78222368.200 |
| x_7 | 0.649 | 0.151 |
| x_8 | 10.640 | 199.017 |
| x_9 | 1555.265 | 846332.277 |

由表2、3可知:第一主分量的贡献率已经高达98.8834%,也就是说,有第一个主分量已经能够包含影响水土流失主要因子的信息量的98.8834%,第二主分量包括了99.8410%的信息,即影响水土流失的信息已几乎全部包含。因此,再无需考虑过多的主分量。在第一主分量下看出:仅有 x_6 径流势能的相关系数最高为1.000且超过0.8的范围,其余各项均很小。它充分体现了在所有影响水土流失的因子中,仅径流势能此项占有绝对多的信息98.8834%,此问题后面专门讨论。在第二主分量下又可选出超过0.8的两个变量,其为 x_9 和 x_7 ,就是说,在以上9个影响水土流失的因子中,对水土流失起决定作用的因子有3个,顺序是:径流势能 x_1 ,根量 x_9 和郁闭度 x_7 。其余因子对水土流失的影响小。另据第一、二主分量的分析可知:在9个影响水土流失的因子中,各因子对水土流失影响的总顺序是:径流势能、根量、郁闭度、 I_{30} (30min最大雨强)、枯枝落叶厚度、平均雨强、降雨量、降雨历时、 I_{10} (10min最大雨强)。 I_{10} 分钟最大暴雨强度对水土流失的影响最小,主要是由于森林各层次对降水的拦截和阻延所引起的。尽管10min雨强很大,但由于森林组成部分复杂,降水很难直接接触到侵蚀的对象——土壤层。到降水对土壤有侵蚀作用时,其能量和降水雨强均大大削减;另一方面其持续侵蚀的能量由于降水强度的减弱则变得更加弱小,从而在森林系统中 I_{10} 对水土流失的影响不大。

表2 主分量的特征值和累计贡献率

| 特征值 | 累计贡献率% |
|--------------|----------|
| 78480772.500 | 98.8834 |
| 759970.112 | 99.8410 |
| 125896.764 | 99.9996 |
| 151.766 | 99.9998 |
| 99.873 | 99.9999 |
| 40.260 | 99.9999 |
| 1.741 | 100.0000 |
| 0.027 | 100.0000 |
| 0.005 | 100.0000 |

众所周知,水土流失的多少尽管与其它影响水土流失的因子有关系。但是,起决定性作用的因子即仅有一个。在这样的试验条件下,我们仅考虑一个影响水土流失的主要因子,径流势能,因为它代表了98.8834%影响水土流失的信息量。即在计算径流势能的函数中,各因子的组合可以占影响水土流失信息量的98.8834%。由径流势能的计算式可知: $E = 1/2rgsh$ 。此式中包含了影响水土流失的众多因子。且由 $r = P - V_m$ 可知,径流势能取决于降水量和系统容量之差,而系统容量也就包含了各种不同

表3 主分量负荷量表

| 变量 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| X_1 | -0.292 | -0.200 | -0.038 | -0.037 | -0.385 | 0.850 | 0.006 | 0.001 | 0.000 |
| X_2 | 0.237 | 0.115 | -0.121 | 0.349 | 0.877 | -0.156 | 0.001 | 0.000 | 0.000 |
| X_3 | 0.292 | 0.164 | 0.048 | 0.049 | -0.129 | -0.494 | 0.005 | 0.743 | 0.080 |
| X_4 | 0.376 | 0.219 | 0.002 | 0.116 | 0.003 | -0.612 | -0.012 | 0.639 | -0.004 |
| X_5 | -0.001 | 0.096 | 0.055 | -0.169 | -0.077 | -0.154 | 0.964 | 0.000 | 0.000 |
| X_6 | 1.000 | 0.004 | -0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| X_7 | -0.401 | 0.886 | 0.107 | -0.055 | 0.023 | -0.013 | -0.048 | 0.000 | 0.000 |
| X_8 | -0.357 | 0.311 | 0.200 | 0.833 | -0.198 | 0.046 | 0.002 | 0.000 | 0.000 |
| X_9 | -0.356 | 0.932 | 0.069 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

水土流失系统的所有环境因子的信息和特征;另一个问题是水土流失的量的搬运过程确是一种物理运动过程的能量消耗过程,搬运物质的多少取决于能量的大小。因此,从那方面讲,径流势能确实是影响水土流失最主要的因子。

为了论证上述因子的充分性,我们用其原始数据和土壤侵蚀量进行了多元逐步回归,其结果和主分量分析结果相似,在F值超过一定值时,多元逐步回归方程中仅与径流势能此项有关;逐渐降低F值,便有不同的因子被选入方程。其主要因子的顺序仍然是:径流势能、根量、郁闭度、枯枝落叶厚度、30min最大雨强。

由以上两种不同的数学方法,尤其是主分量方法,严格地区分了影响水土流失的主要因子。并得出了在人工油松林地尤以径流势能对水土流失的影响最大。

4 结论

影响水土流失最主要的因子是径流势能,仅此项包含了影响水土流失信息量的98.8834%,其余8个因子之和仅占1.12%。

在供研究的9个影响水土流失的因子中,对水土流失起影响作用大小的顺序是,径流势能、根量、郁闭度、 I_{30} 、枯枝落叶厚度、 I 、降水量、降水历时、 I_{10} 。

在占有绝对信息量的径流势能计算式中,几乎亦包括了影响水土流失的所有因子。此项最突出的特点是:影响水土流失的各因子之间的量纲是和谐的,这点为建立一个量纲和谐的预测预报水土流失的方程铺平了道路。

参考文献

- 1 江忠善等. 降雨和地形因素与坡地水土流失关系研究. 黄土高原小流域综合治理与发展. 科学技术文献出版社, 北京:1991,(5)300~310
- 2 许炯心. 我国流域侵蚀产沙的地带性特征. 科学通报,1994,39(11),1019~1022
- 3 杨维权等. 多元统计回归分析,高等教育出版社,1989,209~226.
- 4 赵鸿雁等. 水土流失系统物质和能量交换规律的研讨. 水土保持学报,1993,(1)
- 5 周佩华等. 降雨能量的试验研究. 水土保持通报,1981,(1)