

松辽流域风蚀量与下垫面关系的综合分析

岳红光 张启昌 兰晓龙 孟庆繁

(吉林林学院·吉林省吉林市·132011)

摘要 通过对松辽流域风蚀图斑资料的收集,运用线性模型理论,对该地区土壤风蚀规律进行了研究,获得了下垫面各因素与风蚀量之间的相互关系。又通过计算机进行统计分析,找出了影响风蚀量的主导因子是土地利用类型和植被覆盖度。并可利用设计的数学方程,对该地区不同立地条件下的风蚀量进行预测。

关键词 风蚀 水土流失 下垫面

A Comprehensive Analysis of Relationship Between Wind Erosion and Earth Surface in Songhua and Liaohe River Watershed

Yue Hongguang Zhang Qichang Lan Xiaolong Meng Qingfan

(Jilin Forestry College, 132011, Jilin Municipality, Jilin Province)

Abstract Wind erosion map delineation data in Songhua and Liaohe river watershed are collected, and wind erosion laws are studied with linear model theory. The results show that the principal factors to effect wind ersion are land use type and vegetation coverage. Wind erosion in every kind of sites in this watershed is predicted with the linear models established.

Keywords wind erosion; soil and water loss; earth surface

风蚀是指松散的地表土壤被风吹扬、搬运、堆积的整个过程。因降雨引起的土壤侵蚀较因风引起的侵蚀广泛而严重,因而目前国内外对水蚀研究的重视和深入程度远大于风蚀。且在风蚀的研究中,对风蚀地貌和风沙移动规律的研究较多,而综合研究影响风蚀下垫面因素之间关系的报导尚不多见。本文应用线性模型理论,对影响风蚀的下垫面各因素进行综合分析。并可预测该地区不同立地条件下风蚀量的大小,对该地区预防和治理风蚀提供了理论依据。

1 研究地区自然地理概况

1.1 地理位置

松花江、辽河两流域(以下简称松辽流域)地处我国东北地区中部,位于东经 116°54'~132°31',北纬 40°31'~51°38'。西以大兴安岭为分水岭、北以小兴安岭为分水岭、东以长白山分水岭为界,包括辽宁、吉林、黑龙江三省的大部分地区和内蒙的呼伦贝尔、兴安、哲里木三个盟和赤峰市,共辖 33 个市,168 个县。全流域总土地面积 77.24 万 km²(不包括河北省的 0.36 万

① 收稿日期:1996-08-15

km²),总人口约7 517万。

1.2 地形地貌

松辽流域的西部为大兴安岭,属中低山丘陵地貌。北部为小兴安岭,地势较为平缓。东部为张广才岭、长白山等组成的中低山地。西南和南部有七老图山,医巫间山和努鲁尔虎山,地形比较破碎复杂。中间是著名的松辽大平原,东北端为地势低平的三江平原。大致形成西、北、东三面环山的马蹄形地貌类型。

1.3 土壤植被

松辽流域分布较广的地带性土壤有寒温带棕色针叶林土,山地灰色森林土;温带暗棕壤、黑土和栗钙土;暖温带棕色森林土和褐土。还有白浆土、草甸土和沼泽土等。此外,松嫩平原和辽河平原的西部有大面积的风沙土,是松辽流域风蚀集中分布区。

该地区植被从其地带性及分区特点看,可分为温带呼伦贝尔高原大针茅草原区;寒温带大兴安岭山地兴安落叶松林区;温带东部山地红松阔叶混交林区;暖温带辽宁丘陵山地油松一柞林区;温带中部东北大平原草甸草原和草原区。主要有红松、鱼鳞云杉、红皮云杉、臭松、椴树、水曲柳、黄波罗、胡桃楸、柞树、杨树等针、阔叶乔木树种,及紫穗槐、胡枝子等灌木树种。

1.4 气候特点

松辽流域地处温带、寒温带大陆季风气候区。冬季严寒漫长,夏季炎热短暂,年内温差变化较大。极端最高气温达45℃(抚顺1940年);极端最低气温为-47℃(嫩江1951年)。多年平均降水量300~950mm,但时空分布不均,7~9三个月约占全年降水量的50%以上。本流域西部由于少雨、干旱、多风,造成辽西平原、松嫩平原、吉林省西部以及呼伦贝尔高原区,风蚀危害十分严重。

2 数据处理与计算

通过对吉林、黑龙江、辽宁、内蒙等省(区)松辽流域遥感图斑资料的收集,共获得343个风蚀样本资料。将图斑资料中的定性因子数量化,选用线性模型理论通过微机进行计算和系统分析。即将各图斑的侵蚀模数区间中值做为研究指标(因变量Y),选择与侵蚀模数有关的诸因子做为处理(自变量 x_i),各主因子及其相应的水平划分见表1。

表1 各主因子及水平划分表

主因子	母岩特征 (主因子1)				土壤类型 (主因子2)					地貌类型 (主因子3)					
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV		
水平	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}		
	黄土	土质	岩石	砂质	栗钙土	风砂土	草甸土	黑土、黑钙土	盐碱土	平原	台地	丘陵	低山		
主因子	坡度 (主因子4)			土地利用类型 (主因子5)						植被覆盖度(%) (主因子6)					
	I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
水平	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}
	3°以下	3°~8°	9°~15°	耕地	旱地	草地	灌草地	乔草地	森林	10以下	10~30	31~50	51~70	70以上	农田耕地

设基础效应为 b_0, x_i 对 Y 的效应力为 $b_i (i = 1, 2, \dots, 28)$, 且定性因子最后一个类目的效应为 0. 设计效应向量为 $\beta = [b_0, b_1, \dots, b_{27}]$, 其中 $b = 0$ 时, 则 b_i 不列入此向量。

根据风蚀样本资料, 可得样本设计矩阵。再令所有的非独立参数为 0, 然后删去非独立参数所在的列, 将设计矩阵约化成即约矩阵, 可得自变量设计矩阵 X 。

$$X = [1x_1 \dots x_{17}, x_{19}, \dots, x_{27}]$$

可得因变量矩阵 Y 的一元线性模型:

$$\begin{cases} Y = x\beta + \varepsilon \\ E(Y) = x\beta, D(Y) = \sigma^2 I \end{cases}$$

式中: x 为线性模型; β 为待估参数; ε 为随机误差。

采用最小二乘法, 求 β 的估计值, 使剩余离差平方和:

$$Q = e' \varepsilon = (Y - x\beta)'(Y - x\beta) \text{ 最小。}$$

令 $\frac{\partial Q}{\partial \beta} = 0$, 得到线性模型的正规方程为: $x'x\beta = x'Y$ 。通过此方程可得 β 的最小二乘估计 $\hat{\beta}$, 见表 2。

假设 $H_0: H\beta = C \quad R(H) = r$

$$\begin{cases} Y = x\beta_w + \varepsilon_w \\ E(Y) = x\beta_w \quad D(Y) = \sigma^2 I \\ H = \beta_w C \end{cases}$$

表 2 各主因子正规方程解(得分)表

主因子	母岩特征 (主因子 1)				土壤类型 (主因子 2)				地貌类型 (主因子 3)				
水平	黄土	土质	岩石	砂质	粟钙土	风砂土	草甸土	黑钙土	盐碱土	平原	台地	丘陵	低山
得分	378.41	-588.05	310.30	0.00	1604.30	1469.81	1537.43	1454.67	0.00	-1488.8	-2870.2	-154.9	0.00
主因子	坡度 (主因子 4)				土地利用类型 (主因子 5)								
水平	3°以下	3°~8°	9°~15°		耕地农田	旱地裸地	草地	灌草地	乔草地	森林			
得分	1249.99	-96.57	0.00		332.59	2812.28	-1021.22	-1020.21	-346.78	0.00			

因变量平方和为 $1.005178E + 10$; Y —总离差平方和, 为 $4.794753E + 9$; 剩余离差平方和 = $1.136293E + 9$; 复相关系数 = 0.8735063

求 $\hat{\beta}_w$ 使剩余离差平方和最小: $Q_w = \varepsilon_w' \varepsilon_w = (Y - x\beta_w)'(Y - x\beta_w)$

采用拉格朗日待定系数法, 作拉格朗日函数 L

$$L = (Y - x\beta_w)'(Y - x\beta_w) + 2x'(H\beta_w - C)$$

令 $\frac{\partial L}{\partial \beta} = 0$ 则 $x'x\beta_w + H'\lambda = x'Y$

就有:

$$\begin{bmatrix} x'x & H' \\ H & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_w \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'Y \\ C \end{bmatrix}$$

解此方程组可得 β_w 估计值 $\hat{\beta}_w$, 从而可求出 Q_w , 也就能计算 F 统计量。

$$F = \frac{(Q_w - Q)/r}{Q/(n - q)} \sim F(r, n - q)$$

这样,就可对假设 H_0 进行检验。取值信度为 α , 当 $F \geq F_{\alpha}(r, n - q)$ 时拒绝假设, 经计算可得各因子对风蚀模数影响效应假设检验表, 见表 3。

表 3 各因子对风蚀模数影响效应假设检验表

误差来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	$F_{(0.05)}$	显著性
母岩特征	8 268 903.00	3	2 756 301.00	0.776	2.63	
土壤类型	12 144 870.00	4	2 036 219.00	0.855	2.40	
地貌类型	25 093 680.00	3	8 364 560.00	2.356	2.63	
坡度	19 088 320.00	2	9 544 161.00	2.688	3.02	
土地利用类型	226 172 000.00	5	45 234 400.00	12.739	2.24	**
植被覆盖度	1 517 551 000.00	5	303 510 200.00	85.474	2.24	**
剩余误差	1 136 293 000.00	320	3 550 915.00	—	—	
合计	2 944 612 000.00	343	—	—	—	

3 影响风蚀量下垫面各因素关系的分析

以上利用线性模型理论对与风蚀有关的下垫面因素(母岩特征、土壤类型、地貌类型、坡度、土地利用类型、植被覆盖度)进行了综合计算。由各因子对风蚀模数影响效应假设检验表(表 3)可见主因子中土地利用类型和植被覆盖度两因子对风蚀模数影响显著。其中,植被覆盖度的 F 值最大,土地利用类型次之,说明在风蚀下垫面诸因子中植被覆盖度对风蚀模数大小影响最大,其次是土地利用类型。

3.1 土地利用类型对风蚀量的影响

由表 2 可知,不同土地利用类型的正规方程解(得分)不同。旱地裸地、耕地农田、森林、乔草地、灌草地、草地的得分值依次减少。说明草地、灌草地、乔草地、森林能够减少风蚀,保持土壤。若用直方图表示则更加明显,如图 1。其原因主要有:①草地和森林的地表粗糙度比裸地大得多,而土壤表面粗糙度决定着对气流的摩擦效应,因而直接影响风速梯度,削弱近地层风沙流速度,大大减少风蚀量。②草地和森林覆盖度大,减少了风沙流直接与地表土壤接触机遇,加之植株根系所具有的固土特性,也有利于防止地表风蚀。③森林植物特别是灌草能够捕集移动的土粒,使风沙中沙(土)粒就近沉积。

3.2 植被覆盖度对风蚀量的影响

从主因子正规方程解(得分)表(表 2)及直方图(图 2)可以看出,随着植被覆盖度的增加,土壤风蚀模数随之减少,当植被覆盖度达 70% 以上时,几乎不发生风蚀,充分说明增加地表植被覆盖度,能有效地减少风蚀量。其主要原因是随着植被覆盖度的增加,土壤表面的粗糙度和植被遮蔽地面性能也随之增加,其削减近地表风速的能力明显增强,同时也减少了风沙流与地面土壤接触的机会。另外,随着植被覆盖度的增加,植被对移动土粒的捕集能力也随之增强,因而防止和减轻了土壤的风蚀量。

4 风蚀量的估算

通过各主因子正规方程解(得分)表(表 2),可预估在某种立地条件下风蚀模数的大小。例

如,以1号样本(黑龙江省风蚀图斑)为例:该图斑的实测年风蚀模数为 $2\ 500\sim 5\ 000\text{t}/\text{km}^2$,其母岩特征为砂质,土壤类型为风砂土,地貌类型为平原,坡度小于 3° ,土地利用类型为耕地农田,植被覆盖度为农田耕地。由各参数定义及表2可求得在上述立地条件下其风蚀模数为 $Y = b_0 + b_4 + b_6 + b_{10} + b_{14} + b_{17} + b_{28} = 1\ 334.90 + 0.00 + 1\ 468.81 - 1\ 488.83 + 1\ 249.99 + 332.59 + 0.00 = 2\ 897.46$ 。可见,此值在 $2\ 500\sim 5\ 000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 区间内,基本符合其实测值。再以10号样本(吉林省风蚀图斑)为例:该图斑实测年风蚀模数小于 $500\text{t}/\text{km}^2$ 。土壤为黑土,地貌为台地,坡度小于 3° ,土地利用为森林,植被覆盖度为70%以上,预估在此立地条件下的风蚀模数(Y),由各参数定义及表2,用例1相同算法,可求出该图斑年风蚀模数 $Y, Y = 83.50\text{t}/\text{km}^2$ 此值在风蚀模数区间小于500以内。所以10号图斑(样本)的年风蚀模数为 $500\text{t}/\text{km}^2$ 以内,与实测值也基本相符。同理可预估其它图斑的年风蚀模数值,可为该地区掌握风蚀程度,采取防治风蚀措施,制定不同立地条件下的治理风蚀规划提供科学依据。

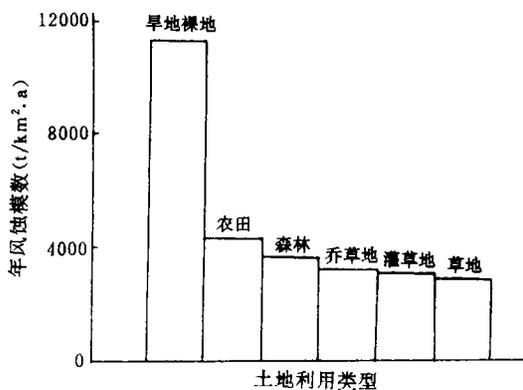


图1 不同土地利用类型对风蚀模数影响

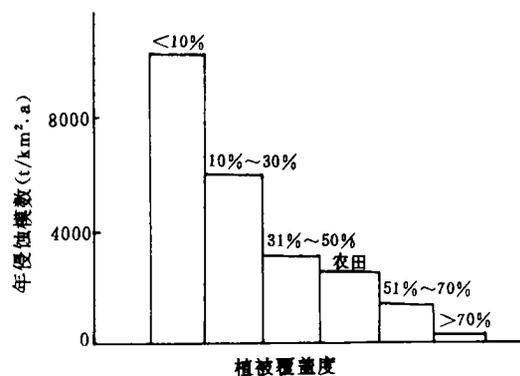


图2 植被覆盖度对风蚀模数的影响

5 结论与建议

(1)在影响风蚀下垫面各因素中,植被覆盖度和土地利用类型是影响风蚀量大小诸因子中两个最显著的主导因子。

(2)在土地利用类型中,草地减少风蚀功能最大,其次是林草地,森林;裸地的风蚀量最大。

(3)随着植被覆盖度的增加,土壤风蚀量随之减少,当植被覆盖度达到70%以上时,几乎不发生风蚀。

(4)为防治风蚀,建议在旱地裸地采取以种植灌、草为主的措施,增加地面植被覆盖度;在易风蚀农田地区,规划和营造具有通风结构的农田防护林网;在干旱风沙区营造林、灌、草、片、带、网相结合的防风固沙林,以改善生态环境,为农业生产创造良好的条件。