

阴山北部土地荒漠化与气候特征分析

申向东, 张雅静, 李晓丽

(内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要:内蒙古阴山北部地区地处农牧交错带,是土壤风蚀、土地荒漠化和区域环境恶化最严重的地区之一,低丘陵区平均土壤侵蚀面积占土地总面积的 52.65%,高平原区平均土壤侵蚀面积占土地总面积的 93.13%。影响土地荒漠化的因子很多,自然气候是很重要的影响因子,分析自然气候对土地荒漠化的影响十分有意义。以阴山北部 7 个旗县多年降水量、地温、风速、观测和对沙尘暴日数的记录资料为重要参考,以武川县、四子王旗地表土壤风蚀试验数据为基本依据,短尺度分析自然气候对土壤风蚀影响的结果表明,土壤风蚀具有十分明显的季节性特征,即冬、春季是土壤风蚀的重要时期,尤其春季是土地荒漠化的最强烈时期。得出阴山北部地区风蚀平均侵蚀模数与风速、沙尘暴日数呈正相关,与地温呈负相关,与降水量的关系较复杂。阴山北部轻度风蚀地区的自然气候变化有增强风蚀作用的趋势,需多加关注;而风蚀作用强烈地区,地温的升高有增强风蚀作用的趋势,但年降水量的增加,年平均风速的减小,有减弱风蚀作用的趋势,并且沙尘暴日数有下降的趋势,土地荒漠化有减缓的趋势。

关键词:阴山北部; 土地荒漠化; 气候特征

中图分类号:S157.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2006)06-1554-06

Analysis on the Relationship Between Soil Desertification and Character of Climate in the North of Inner Mongolia

SHEN Xiang-dong, ZHANG Ya-jing, LI Xiao-li

(Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

Abstract: North of Mount Yin of Inner Mongolia, in the farming-pastoral ecotone, is an area where soil erosion is very heavy, and more and more people pay attention to it. 52.65% area of low hill regions and 93.13% area of high plain regions were destroyed by wind. There are many cases that lead to soil erosion. Nature climate is an important case. So, analysis the relationship between nature climate and soil desertification has important meanings. How nature climate affects wind erosion was analyzed based on seven towns' statistics data, including rainfall, ground-temperature, wind speed and data about wind erosion in Wu Chuan and SiZi Wang town. The wind erosion showed seasonal dynamics and was very serious in winter and spring, especially in spring. Average erosion modulus of wind erosion positively correlated with wind speed and days of sandstorms, and showed negative correlation with ground temperature, and had complex relationship with the amounts of rainfall. The climate changes in lighter wind erosion regions tended to make wind erosion heavier and should be paid more attention. In the heavier regions, ground-temperature rising could make wind erosion serious. Increased rainfall and decreased wind speed and soil-storm tended to lessen wind erosion.

Keywords: the North of Inner Mongolia; soil desertification; character of climate

内蒙古阴山山脉横跨内蒙古中部,其蒙古语名字为“达兰喀机”,意思为“七十个黑山头”。阴山山脉是

收稿日期:2005-11-25

基金项目:国家自然科学基金(10262001);科技部重大基础研究前期研究专项项目(2002ccc03400)

作者简介:申向东(1951—),男,内蒙古呼和浩特人,教授,主要研究方向为环境工程研究、风沙运动力学机理与冻融动力学分析。
E-mail:shen_xiangdong@sohu.com

古老的断块山,它西起内蒙古巴彦淖尔市中部狼山,东止河北东部的桦山,东西长约 1 000 km,南北宽达 50~100 km 不等。阴山北部分为低丘岭区、坡平原区及北缘高平原区,大致包括巴彦淖尔市的乌拉特后旗、乌拉特中旗,包头市的固阳县、达茂旗,呼和浩特市的武川县,乌兰察布市的四子王旗、察右中旗、察右后旗、商都县、化德县等 10 个旗县,土地面积为

114 954 km²,而风蚀土地面积达 97 914.39 km², 占总土地面积的 85.18%。根据赵羽、金争平等^[1]对内蒙古土壤侵蚀强度的划分, 内蒙古阴山北部的四子王旗、达茂旗等地为土壤剧烈侵蚀区,同时也是形成华北沙尘天气的风沙源之一。影响土壤侵蚀的自然因素较多,其中气候因素较为突出^[2]。目前国内有关荒漠化与气候变化间反馈机制的研究尚处于初始阶段,许多研究尚为定性描述,国内外从沙尘暴给人类带来的灾害研究土地的荒漠化较多,而荒漠化与气候特征的关系研究较少^[3-9]。

本文主要根据阴山北部地区多年的气象资料为基础,结合实地测试的结果,探讨阴山北部土地荒漠化与降水量、地温、风速等因素的相关关系。

1 研究方法

1.1 研究区概况

阴山北部地区位于内蒙古高原的中西部,总面积为 114 954 km²,区域范围为东经 106°~116°,北纬 41°~42°,年平均风速为 3.58~4.80 m·s⁻¹;年降水量东经 110°以东为 256.60~354.00 mm;东经 110°以西为 150~240 mm。阴山北部根据地形分为 2 个明显的区域:第一个区域是低丘陵区、坡平原区,它主要包括包头的固阳县,呼和浩特市武川县及乌兰察布市的察右中旗;第二个区域是阴山北缘高平原区包括乌拉特后旗、达茂旗、四子王旗、察右后旗、商都县、化德县及乌拉特中旗的北部。本文选取属阴山北部的低丘陵区的武川县和高平原区的四子王旗为代表,对影响土地沙化的气候因子进行阶段性分析。

1.2 试验区风蚀量的采集

土壤风蚀量的野外采集的方法有很多种,本研究分别在阴山北部低山丘陵区和高平原区 2 个区域选择典型点用标杆法进行采集测算。第一个试验地选在呼和浩特市武川县上秃亥乡代表阴山北部低丘陵区、坡平原区,位于东经 111°42′,北纬 41°13′^[10]。在裸露耕地中央选定 6 m×10 m 的测试区,等距离的插立大风后测量一次共测定 60 个点,通过计算每次各点的临界差值可测定各点各次间总的表土削蚀量或堆积量来判断该地区的风蚀结果。本试验分别于 2002 年、2004 年测算的风蚀量为 0.623 5、0.3 mm (2002 年收集的时间为 4 月 9 日至 4 月 20 日,2004 年收集的时间为 2 月 19 日至 4 月 25 日)^[10]。第二个试验地选择在阴山北缘的高平原区-四子王旗泉掌子水库,位于东经 111°09′,北纬 41°39′,是高平原典型的旱作耕

地。分别于 2004 年 3 月与 2005 年 4 月在测试区 1 hm² 用标杆法进行了风蚀量的测量,在测试区内每隔 10 m 布置标有刻度的铁钢钎,共布置了 100 根钢钎,每根钢钎控制 100 m²,铁钢钎的零刻度与地表面齐平,大风过后进行读数,吹蚀为负,堆积为正,然后计算单位面积上土壤的重量。分别得到 2004 年 3 月 11 日至 15 日、2005 年 4 月 10 日 100 个点平均吹蚀量为 1.18、1.4 mm。

1.3 阴山北麓风蚀量的计算

试验区风蚀量计算,根据铁钢钎读数计算出每个控制点的平均风蚀量,再根据已知的控制面积计算控制面积上的风蚀量(用 t·km⁻² 表示)。通过计算得到武川县 2002 年、2004 年及四子王旗 2004 年 3 月 11 日至 15 日、2005 年 4 月 10 日相应耕地控制面积上的风蚀量,具体结果如表 1。

表 1 武川县及四子王旗耕地表层土壤风蚀量计算
Table 1 Amounts of soil wind erosion in surface layer of farmland in Wuchuan county and Siziwangqi

地点	武川县		四子王旗	
	2002.4	2004.4	2004.3	2005.4
各个控制点上的平均流失厚度/mm	0.623 5	0.3	1.18	1.4
平均流失厚度/mm	0.4618		1.29	
控制面积/m ²	6×10	6×10	10 000	10 000
控制面积上的平均侵蚀模数/t·km ⁻²	1683.5	810	3 186	3 780
平均侵蚀模数/t·km ⁻²	1 246.06		3 483	

统一以 7 个旗县 1971—1980 年 10 年沙尘暴统计数据为依据(武川县不含 1972 年和 1976 年),再根据表 1 中武川县、四子王旗的平均风蚀模数 1 246.06 和 3 483 t·km⁻² 分别近似计算与武川县侵蚀情况相似的察右中旗、与四子王旗年侵蚀情况相似的达茂旗、察右后旗、商都县、化德县的年总风蚀量,如表 2、表 3。

分析表 2 及表 3 可知低丘陵区风蚀平均侵蚀模数为 6 667.61 t·km⁻²·a⁻¹,高平原区风蚀平均侵蚀模数为 23 339.27 t·km⁻²·a⁻¹,是低山丘陵区的 3.5 倍,其中高平原区四子王旗风蚀平均侵蚀模数量最大为 32 391.9

表 2 低丘陵区年总风蚀量统计表
Table 2 Total amounts of soil wind erosion per year in low hill regions

地点	武川县	察右中旗
风蚀面积占总面积的百分比/%	48.01	58.05
年平均沙尘暴次数	7.2	3.5
风蚀面积/km ²	2 345.06	2 438.17
风蚀平均侵蚀模数/t·km ⁻² ·a ⁻¹	8 971.78	4 363.45

表 3 高原区年总风蚀量统计表					
Table 3 Total amounts of soil wind erosion per year in high plain regions					
地点	四子王旗	达茂旗	察右后旗	商都县	化德县
风蚀面积占总面积百分比/%	98.54	97.88	75.67	99.02	94.54
年平均沙尘暴次数	9.3	4.4	4.8	7.9	6.4
风蚀面积/km ²	23 664.71	17 792.32	2 877.82	4 261.96	2 427.88
风蚀平均侵蚀模数/t·km ⁻² ·a ⁻¹	32 391.9	15 978.6	17 163.9	28 395.56	22 766.4

t·km⁻²·a⁻¹,其次是商都县为 28 395.66 t·km⁻²·a⁻¹,可见风蚀的剧烈。虽然低丘陵区年风蚀量相对较少,但是风蚀平均侵蚀模数还是显示出风力侵蚀在土壤流失中的重要作用。总体来说阴山北部受风蚀严重的地区土地荒漠化与该地区受风蚀密切相关。从风力侵蚀面积占旱地面积的比重来分析,内蒙古是我国风力侵蚀最严重的地区,风力侵蚀占旱地面积的 36.1%^[2],严重的风力侵蚀是土地荒漠化的重要原因,而在内蒙古阴山北麓是土壤剧烈侵蚀区,是土地荒漠化十分严重的地区。

干旱区土壤风蚀发生的季节主要在冬、春季节,特别是春季^[4]。阴山北部属于干旱半干旱区,地表土壤风蚀具有季节性,即多发生在春季,是造成该区土壤流失土地荒漠化的重要原因。下面分析这一现象与自然影响因子(气候)的关系。

2 阴山北部自然气候特征与地表土壤风蚀的关系

2.1 阴山北部降水量、地温、风速变化特征

根据阴山北部 7 个旗县的多年气象统计资料可以分析阴山北部地区降水量、地温、风速变化特征,如图 1~图 3 所示。阴山北部地区自然气候特征为降水稀少而集中,阴山北部地区年降水量在 150~354.00 mm,根据农业气候区划分^[11],全国降雨量被分为 6 级,干旱地区,降水量小于 250 mm,半干旱地区,降雨量为 250~400 mm^[2],阴山北部地区属干旱半干旱区。冬春两季降水稀少,这里用降水相对指数来分析其效果^[12],用下面的公式来计算。

$C=P/P_i$
式中: C 为降水相对指数; P 为实测月降水量,mm; P_i 为全年降雨量均匀分配该月应得的雨量,mm。

具体计算结果如表 4。 $C<1$ 为相对干季,3 至 5 月 C 值是逐渐增大的,但均小于 1,属相对干季,土壤含水量较低,土壤干燥、松散,在风力作用下会迅速参

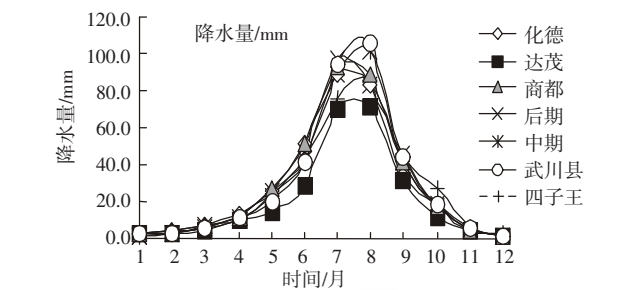


图 1 阴山北部 7 个旗县月平均降水量变化曲线
Figure 1 Changes of rainfall in seven counties in north of Yin Mountain

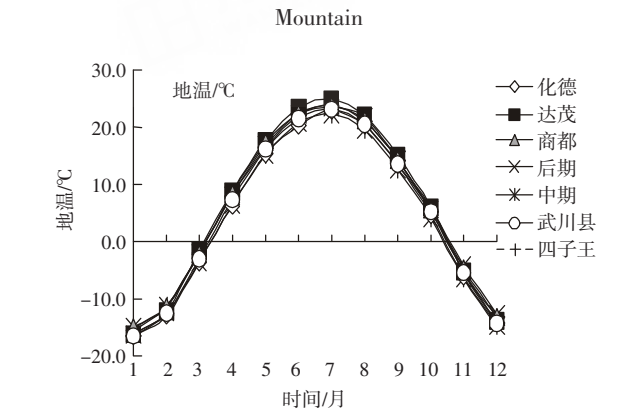


图 2 阴山北部 7 个旗县月平均地温变化曲线
Figure 2 Changes of average ground temperature in seven counties in north of Yin Mountain

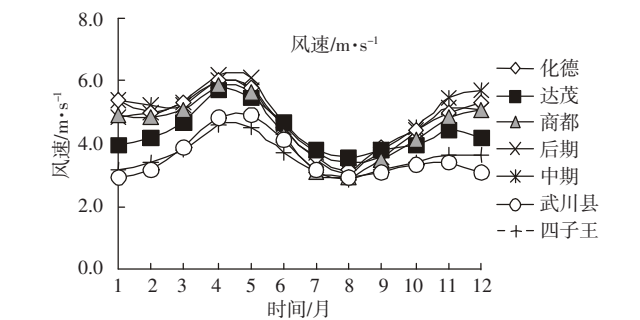


图 3 阴山北部 7 个旗县月平均风速变化曲线
Figure 3 Changes of average wind speed in seven counties in north of Yin Mountain

与风蚀过程,一年中降水主要集中在 6 至 9 月,这一时段的降水占全年的 75%以上。冬、春季节地温变化大,约为 0.3℃·d⁻¹^[13],最高地温出现在 7 月,最低地温出现在 1 月,温差很大。风速的变化,年平均风速 3.58~4.80 m·s⁻¹,在一年中风速存在 2 个较高的阶段,一个是春季(3 月中旬至 5 月末)全年中此阶段风速最大,此阶段大风日数占全年大风日数的 77%;第二个是冬季(10 月末至 3 月初)。

根据阴山北部自然气候条件和风蚀程度将全年

表 4 阴山北部 7 个旗县中各月平均降水相对指数

Table 4 Average rainfall relative indexes in seven counties in north of Yin Mountain

时间/月	1	2	3	4	5	6
C	0.10	0.12	0.22	0.40	0.76	1.61
时间/月	7	8	9	10	11	12
C	3.34	3.03	1.44	0.70	0.22	0.07

分为 3 个阶段:第一个阶段是春季(3 月中旬—5 月中旬),第二个阶段是夏季(6 月至 9 月),第三个阶段为冬季(11 月至 2 月末)。以春季风蚀最严重。

2.2 不同地区气候特征与土地荒漠化的对比

低丘陵区和高平原区的气候有所差别,分析对比两者的自然气候特征,可以更清晰地看出土壤风蚀与自然气候的关系。以 1971—1980 年为研究阶段,降水是影响土壤侵蚀的重要因子,低丘陵区要比高平原区同期降水量大,10 年两地年平均降水量分别为 369.42 和 318.40 mm,3 至 5 月降水总和分别为 40.85 和 37.17 mm,7 至 9 月降水量分别为 292.13 和 248.98 mm。低丘陵区比高平原区降水更集中,正是这种集中降水使低丘陵区夏季水蚀相对较严重,根据土壤侵蚀分类分级标准,低丘陵区属中度水蚀地区^[4]。而高平原区相对干旱的气候为土壤风蚀创造了条件。

低丘陵区年平均地温为 4.11 ℃,地温温差为 37.50 ℃,高平原区年平均地温为 5.04 ℃,地温温差为 38.34 ℃。两地区 3 至 5 月 3 个月地温和分别为 17.75 ℃和 21.16 ℃,高平原区比低丘陵区高 3.41 ℃。无论是年平均地温、地温温差,还是春季地温,高平原区都要高于低丘陵区,高地温,大温差,有助于土壤的物理侵蚀,是高平原区土壤风蚀严重的又一重要的自然气候原因。

低丘陵区和高平原区最大平均风速均出现在 3 至 5 月,分别为 5.6 和 6.1 m·s⁻¹,年平均风速分别为 4.3 和 4.7 m·s⁻¹,高平原区春季风速及全年风速比低丘陵区同期风速大,同期沙尘暴日数分别为 5.6 日和 6.6 日,再次证明了风力是该地区沙尘气候的动力因素^[15]。

综合以上所述,降水量相对稀少,地温相对偏高,温差相对偏大,风速相对偏大,沙尘暴日数相对偏多是高平原区土壤风蚀,土地荒漠化比低丘陵区严重的重要自然原因。

2.3 自然气候的变化给土地荒漠化可能带来的影响

阴山北部地区自然气候在不同时期各有不同,而且低丘陵区与高平原区自然气候的变化有所差别,而

它们的变化必然给各自地区土壤的风蚀带来不同的影响,这种影响有可能是有助于加强风蚀,也可能有助于减弱风蚀。下面具体分析自然气候中一些因素的变化对土壤风蚀的影响。

阴山北部 7 个旗县 1971—1980 年降水量呈增加的趋势,见图 4。化德县、达茂旗、商都县、察右后旗、四子王旗在这 10 年中 1973、1976、1979 年是降水相对充沛的时期,降水递增速率分别为 5.07、3.57、6.93、3.39、5.23 mm·a⁻¹;察右中旗、武川县 10 年降水量递增速率分别为 8.50、5.97 mm·a⁻¹。可见阴山北部地区降水量在 1971—1980 年 10 年中以较高的速率增长,其中低丘陵区增长比高平原区增长快,这对土地沙漠化的逆转是有利的^[4]。高平原区的四子王旗近 30 年降水量波动幅度在增加,20 世纪 80 年代的波动幅度最大,20 世纪 70、80、90 年代,年均降水量分别为 312.66、360.43、325.81 mm^[13],干湿波动^[4]是该地区在此时期土地荒漠化的一个诱发因素。各个时期 4 至 5 月降水量依次为 9~19.57 mm、10.42~24.51 mm、12.01~29.02 mm,春季降水量有增加的趋势,这有助于减缓风蚀的发生,但是降水量仍然稀少,不能阻止强烈风蚀的进行。夏季降水量最高值 20 世纪 90 年代比 70、80 年代提前出现,80 年代降水量高于其他两个时期。低丘陵区武川县 1960—1970 年和 1971—1980 年降水量相比,1971—1980 年春季,尤其是 4 至 6 月的降水有所下降,有助于风蚀,8 至 9 月的降水更加集中,风蚀平均侵蚀模数与降水量关系较复杂。

地温与风蚀平均侵蚀模数呈负相关。低丘陵区地温温差在减小,这一点从武川县和察右中旗 1960—1970 年和 1971—1980 年温差变化上可以看出来,武川县这两个时期地温温差分别为 40.71 ℃和 38.10 ℃,温差减小 2.61 ℃,察右中旗地温温差分别为 39.60 ℃和 36.90 ℃,温差减小 2.70 ℃,并且在这一阶段两地的地温平均值分别下降了 0.2 ℃和 0.4 ℃,但每年 11 月初到次年的 2 月末地温有所升高。地温的下降、温差的减小有助于降低风蚀程度。高平原区近 30 年地温值有增加的趋势,从典型区域四子王旗 1971—2000 年地温、温差的变化分析,20 世纪 70 年代到 80 年代之间温差增加 0.49 ℃,平均地温增加 0.5 ℃,80 年代到 90 年代之间温差增加 0.26 ℃,平均地温增加 0.46 ℃,见图 5。地温的上升,温差的增大有助于土壤的物理侵蚀。

风速的变化,阴山北部除达茂旗外在 1971—1980 的 10 年中风速呈下降的趋势,如图 6。其中察右

中旗下降的最为明显,从 1971—1975 年平均值 $5.30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 下降到 1975—1980 年的 $4.43\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。低丘陵区 1960—1980 年近 21 年的变化显示,以武川县为代表,如图 7 中可以看出风速 1971—1980 年呈下降趋

势。阴山北部高原区风蚀平均侵蚀模数与风速呈正相关如图 8,在低丘陵区也有同样的规律,因此风速的减小有助于减缓风蚀。

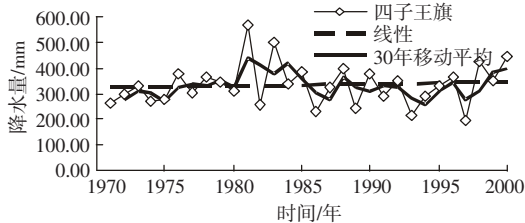


图 4 阴山北部高原区典型区近 30 年降水量变化趋势
Figure 4 Changes of annual rainfall in recent 30 years in typical regions of high plain in north of Yin Mountain

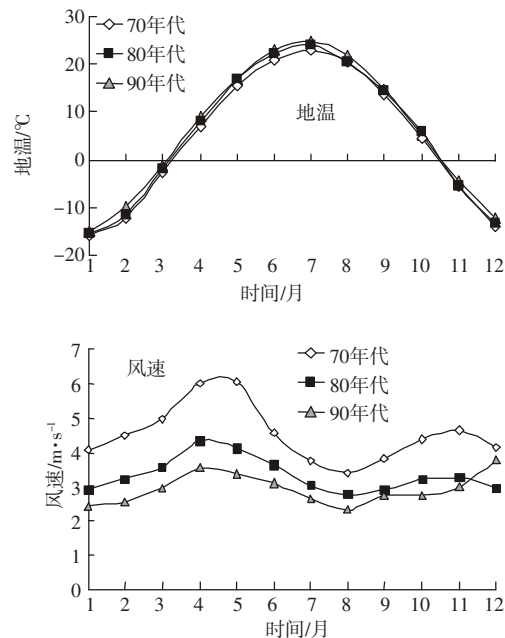


图 5 阴山北部高原区典型区近 30 年地温、风速变化曲线
Figure 5 Changes of ground temperature and wind speed in recent 30 years in typical regions of high plain in north of Yin Mountain

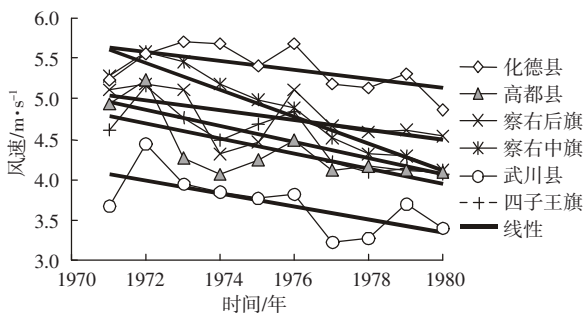


图 6 阴山北部地区 1971—1980 年风速变化趋势
Figure 6 Changes of wind speed during 1971—1980 in north regions of Yin Mountain

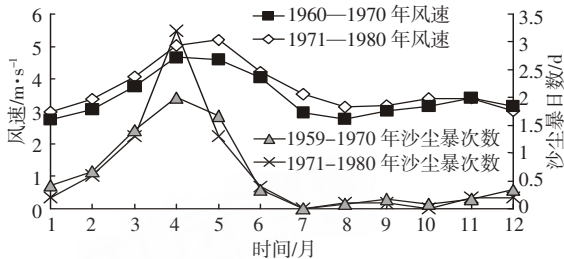


图 7 阴山北部低丘陵区典型区 21 年风速, 沙尘暴日数变化曲线
Figure 7 Changes of wind speed and sand storm days in recent 21 years in typical regions of low hill in north of Yin Mountain

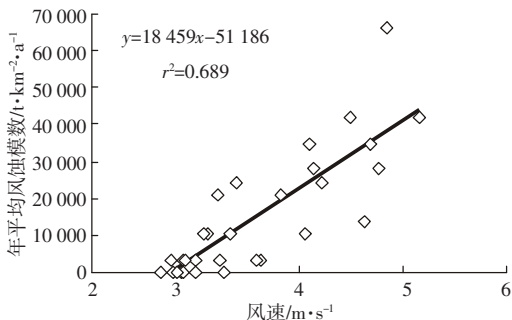


图 8 阴山北部高原区典型区近 30 年风蚀平均侵蚀模数随 风速变化曲线
Figure 8 Changes of average erosion modulus of wind erosion with wind speed in recent 30 years in typical regions of high plain in north of Yin Mountain

1971—1980 年间阴山北部沙尘暴日数呈下降的趋势,1976 年是阴山北部地区沙尘暴日数相对较多的一年,化德县、四子王旗、武川县都达到了 10 年中的最大值分别为 13 日、19 日、13 日。察右后旗、商都县、达茂旗,在这一年的沙尘暴日数也是 10 年中较大的一年。

低丘陵区的武川县在 1971—1980 年期间,沙尘暴日数下降并不明显,并且年平均值为 7.2 日仅次于高平原区的四子王旗、商都县 9.3 日和 7.9 日,而且 1959—1980 年 22 年间,1971—1980 年 3 月中旬到 4 月中旬沙尘暴日数明显增加,其中 1971—1980 年 4 月份沙尘暴次数比 1960—1970 年多 1.2 日。可以看出 1971—1980 年土壤的风蚀程度比 1960—1970 年更为严重。从这一角度看该地区是风蚀作用具有潜质的地区,应给予重视。

高平原区是风蚀作用强烈的地区之一,是阴山北部沙源地,它的风蚀情况关系着阴山北部地区风蚀状况。高平原区典型地区四子王旗近 30 年沙尘暴的变化如图 9。可以看出,阴山北部地区近 30 年沙尘暴日数在减少,20 世纪 70 年代到 80 年代沙尘日数减少 6.2 d,下降了 67%,沙尘次数减少 2.7 d,这是风蚀作用减弱的表现。根据表 1 设风蚀平均模数为 $3\,483\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$,计算出不同时期年风蚀平均模数如表 5。风蚀作用是在逐渐减弱的,尤其是在 20 世纪 80 年代,下降 67%,风蚀平均侵蚀模数与沙尘暴日数呈正相关,阴山北部高平原区土壤风蚀作用有减缓的趋势。但是风蚀作用并不是个某个因素决定的,是众多因素共同作用的结果,所以要掌握风蚀作用的变化趋势还要结合其他因素综合考虑。

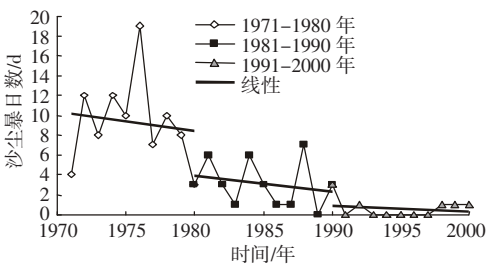


图 9 阴山北部高平原区典型区近 30 年沙尘变化趋势
Figure 9 Changes of sand-dust in recent 30 years in typical regions of high plain in north of Yin Mountain

表 5 沙尘暴日数的统计,风蚀平均侵蚀模数的计算
Table 5 Sand-storm days and average erosion modulus of wind erosion

时间(20 世纪)	70 年代	80 年代	90 年代
沙尘暴日数/d	9.3	3.1	0.4
风蚀平均侵蚀模数($\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	32 391.9	10 973.2	1 393.2

3 结束语

目前,土地荒漠化在我国乃至全世界都是十分引人注目的问题,因为它给人类带来了重大的危害。大面积的草场退化,耕地荒漠化,造成耕地土壤肥力下降,土地的生产力下降,阴山北部地区是土地荒漠化十分严重的地区之一。现在对气候变化与土壤侵蚀的定量研究很困难,以该区多年气象资料和获得的典型试验区风蚀量为依据探讨该区土地荒漠化与自然气候条件的关系。结果表明,阴山北部低丘陵区的风蚀平均侵蚀模数为 $6\,667.61\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,高平原区风蚀平均侵蚀模数为 $23\,339.27\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,是低山丘陵区的 3.5 倍。防风治沙地区一日沙尘暴平均侵蚀模数

$2\,559.68\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$,1971—1980 年的风蚀平均侵蚀模数为 $18\,575.87\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,可见风蚀是阴山北部土壤受侵蚀的重要原因,并且风蚀作用主要发生在冬春季。

低丘陵区和高平原区的气候都在发生着变化,这些变化将分别给各地区的土壤风蚀、土地荒漠化带来不同的影响。风蚀平均侵蚀模数与风速、沙尘暴日数呈正相关,与地温呈负相关,与降水量的关系较复杂。风蚀轻度的低丘陵区气候变化有助于增强风蚀,风蚀强烈的高平原区除地温温差的加大有增强风蚀的趋势外,年降水量的增加,年平均风速的减小有减弱风蚀的趋势。高平原区风蚀平均侵蚀模数在 1971—2000 年 30 年中有了明显的减少,从 20 世纪 70 年代的 $32\,391.9\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 到 80 年代的 $10\,973.2\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,下降了 67%,90 年代下降到 $1\,393.2\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。了解自然气候的变化对风蚀的影响,可以帮助我们研究土地荒漠化的成因,为防风治沙工作提供重要参考。

参考文献:

[1] 赵 羽,金争平,史培军,等.内蒙古土壤侵蚀研究[M].北京:科学技术出版社,1989.111—112.

[2] 田光进,张增祥,赵晓丽,等.中国耕地土壤侵蚀空间分布特征及生态背景[J].生态学报,2002,23(1):10—16.

[3] 刘树林,王 涛.浑善达克沙地地区的气候变化特征[J].中国沙漠,2005,25(4):557—562.

[4] 薛 娟,王 涛,吴 薇,等.中国北方农牧交错区沙漠化发展过程及其成因分析[J].中国沙漠,2005,25(3):320—328.

[5] 慈龙骏,吴 波.中国荒漠化气候类型划分与潜在发生范围的确定[J].中国沙漠,1997,17(2):107—111.

[6] 刘国梁,郝丽珍.中国沙尘暴天气减少趋势的其他证据[J].中国沙漠,2005,25(3):448—449.

[7] 王建宏,张龙生,尚立照.甘肃省沙漠化监测结果[J].中国沙漠,2005,25(5):775—779.

[8] 郭 慧,王式功,李栋梁,等.甘肃春季(3—5 月)沙尘暴成因分析[J].中国沙漠,2005,25(3):412—416.

[9] Cole G W. A simulation model of daily wind erosion soil loss[J]. *Transactions of the ASAE*, 1983, 26(6):1758—1765.

[10] 王 超,赵彦东.扬尘监测分析[J].农村牧区机械化,2004,(增刊):27—30.

[11] 丘宝剑,卢其尧.农业气候区划及方法[M].北京:科学技术出版社,1987.141.

[12] 刘立起,安兴琴,李彩莺,等.宁夏盐池沙尘暴特征分析[J].中国沙漠,2003,23(1):33—37.

[13] 申向东,姬宝霖,王晓飞,等.阴山北部农牧交错带沙尘暴特性分析[J].干旱区地理,2003,26(4):345—348.

[14] 李玉宝.干旱半干旱区土壤风蚀评价方法[J].干旱区资源与环境,2000,14(1):48—52.

[15] 申向东,邹春夏.裸露耕地风沙运动特性试验研究[J].农业环境科学学报,2005,24(5):909—912.