

冀北接坝山区风场特征与风蚀沙埋分布的关系

金一鸣¹, 杨建英¹, 王志明², 史常青¹, 齐特¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100035; 2. 交通运输部 天津水运工程科学研究所, 天津 300456)

摘要: [目的] 研究冀北接坝山区风场特征与风蚀沙埋分布关系, 旨在为该区域水土流失防治提供依据。[方法] 在河北省丰宁县小坝子乡架设多台自动气象站进行气象要素观测, 同时使用插针法对该区地表风蚀沙埋情况进行监测, 并采用 Windninja, ArcGIS 等软件对监测数据进行处理和制图, 分析接坝山区风场特征及其与风蚀的关系。[结果] 接坝山区风向受气候和地形的影响, 风向日变化和季节变化显著, 以西北和东南风向为主; 由于受地形、下垫面特性等因素影响, 风速季节变化显著; 风蚀量由西北向东南逐步递减, 即研究区内沙丘整体缓慢向东南移动。[结论] 风蚀强度与地形和风场有直接关系, 侵蚀强度分布符合风场矢量分布特征。

关键词: 冀北; 接坝山区; 风场特征; 风蚀沙埋

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)02-0032-06

中图分类号: P425

文献参数: 金一鸣, 杨建英, 王志明, 等. 冀北接坝山区风场特征与风蚀沙埋分布的关系[J]. 水土保持通报, 2016, 36(2): 32-37. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.02.007

Relation of Wind Field Characteristics with Wind Erosion and Erosive Sand Burial in Jieba Mountain Area of Hebei Province

JIN Yiming¹, YANG Jianying¹, WANG Zhiming², SHI Changqing¹, QI Te¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100035, China;

2. Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Ministry of Transport, Tianjin 300456, China)

Abstract: [Objective] This paper aimed to confirm whether wind characteristics had relations with wind erosion, and its accumulation in the perspective of soil and water conservation in Xiaobazi Town, Fengning County of Northern Hebei Province. [Methods] Several automatic weather stations were set up for meteorological observation, the surface wind erosion and accumulation amount was monitored by the needle pin method. The data was analyzed by software such as Microsoft Office, Windninja and ArcGIS. [Results] The wind characteristics were both affected by local climate and terrain, with obvious daily variation and seasonal change, and prevailed by northwest and southeast winds. Due to the influences of the temperature and air pressure, seasonal change of wind speed was significant. Wind erosion amount from northwest to southeast gradually diminished, dunes moved slowly to the southeast in research area. [Conclusion] Erosion had direct relation with wind field intensity, the erosion intensity distribution was consistent with the vector distribution of wind field.

Keywords: Northern Hebei Province; Jieba mountain area; wind field characteristics; wind erosion and accumulation

中国是风能丰富的国家, 风能作为一种可再生清洁能源最具大规模开发利用前景, 在能源紧缺的今天越来越受到重视, 风能在发电、供暖、运输、制冷、海水淡化等多方面得到广泛应用^[1]。然而, 风也是地表土

壤侵蚀的动力, 是引起土壤风蚀退化最主要的外营力之一^[1]。土壤风蚀已成为全球性的环境问题, 风蚀引起土地沙漠化与沙尘暴灾害, 造成了土壤养分和有机质的大量流失, 使得土地生产力下降, 影响农作物生

收稿日期: 2015-03-20

修回日期: 2015-05-16

资助项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项“建设工程损毁林地植被恢复技术与示范”(200904030)

第一作者: 金一鸣(1990—), 男(汉族), 江苏省南通市人, 硕士研究生, 主要方向为工程绿化、水土保持。E-mail: 1891127725@163.com。

通讯作者: 杨建英(1965—), 女(汉族), 河北省张家口市, 博士, 副教授, 主要从事土壤侵蚀、开发建设项目水土保持及工程绿化技术方面的研究。E-mail: jyyang@bju.edu.cn。

长,产生大规模的粉尘污染,对城市基础设施构成破坏,严重危害人类生活环境和身体健康。研究风场特征与土壤风蚀的关系,对合理利用风力资源和防治风沙危害具有积极意义^[2-3]。河北省丰宁县小坝子乡位于冀北接坝山区,既是内蒙古草原经燕山山脉与华北平原的过渡带,也是农牧交错带、草原向森林的过渡带。该地区干旱、大风,沿河地带风沙活动强烈,河谷两侧风沙堆积严重,对当地人居环境和社会经济发展产生严重影响和制约作用,因而被列入国家防沙治沙科技支撑计划。本研究对丰宁县小坝子乡春、冬风季的近地层风场风信状况和风蚀沙埋进行观测研究,期望能阐释从内蒙古高原气流在流经接坝山地扩散的过程中风场(风速、风向)分布与风蚀沙埋及沙化土地分布的耦合关系,为该区防沙治沙提供理论依据。

1 研究区概况

河北省丰宁满族自治县位于河北省北部,承德市西部,处于华北平原、东北平原和内蒙古高原衔接的三角地带,北连坝上草原,南接冀北山地丘陵,是高原山区的过渡带,属典型的农牧交错地带,经长期的内外营力的作用,形成了由西北向东南递降的地势,并出现了高原、山地、丘陵、山间小盆地等多种地貌类型。小坝子乡位于丰宁县西北部,地处县城以北 45 km 的接坝山区,地理坐标界于北纬 $41^{\circ}22'8''$ — $41^{\circ}34'6''$,东经 $116^{\circ}12'49''$ — $116^{\circ}29'30''$,该乡土地总面积 325.4 km²。该地区属典型的大陆性季风型半干旱气候,年均气温 4.0~6.58 ℃,≥0 ℃积温 2 648~3 067 ℃,≥10 ℃积温 2 095~2 564 ℃,年均无霜期 105 d;年降水量为 409.3 mm,6—9 月降水占全年 75%~80%,年蒸发量为 1 627.95 mm;大风主要集中在 1—4 月,最大风速出现在 4 和 5 月,年 4 级以上风日数 210 d 左右,其中 8 级以上大风的日数最高可达 65 d。土壤以棕壤土为主,褐土、潮土为辅,以北梁为中心到小坝子村以及河谷滩地分布有风沙土,土壤有机质含量 2~15 g/kg,pH 值 7.3~8.8。植被类型为温带落叶针阔叶林,乔木主要有油松(*Pinus tabulaeformis*)、山杨(*Populus davidiana*)、辽东栎(*Quercus wutaishanica*)、灌木主要有绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、山杏(*Armeniaca sibirica*)、草本以羊草(*Leymus chinensis*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)为主。

2 材料与方法

2.1 监测点设置

在接坝山区丰宁县小坝子乡研究区设置 8 个气

象观测点,分别是小坝子乡、二道泉子、小坝子梁、上东湾、庙沟子、沙坨子、榔头沟和小梁,选点依据主要是根据地形走向以及地貌特征,同时考虑到观测仪器管理养护需要,测点尽量靠近居住地,但人为活动不会干扰到自动气象站的正常工作。观测点的选取在满足典型代表性要求的基础上,同时考虑不同客观要素对比分析的需要。根据海拔不同,选取小梁(海拔 1 364 m)和榔头沟(海拔 915 m);根据地表土壤不同,选取庙沟子(土壤未沙化)和沙陀子(土壤沙化);根据人为干扰不同,选取上东湾(接近居住地区,人为干扰较大)和小坝子梁(位于深山中,基本无人为干扰);根据坡向不同,选取二道泉子(坡向为南北走向)和庙沟子(坡向为东西走向)。观测时间分为春、冬风季,其中春季为 2011 年 5 月 11 日至 6 月 20 日,冬季为 2011 年 11 月 5 日至 2012 年 3 月 5 日,每 30 min 记录 1 次风速、风向值,同时记录半小时内的最大风速及相应风向。

2.2 监测设备与方法

2.2.1 风场特征监测 利用美国 DVAIS 公司生产的 Vantage Pro2 型无线自动气象站测定风速和风向,观测风向时,采用 16 个方位^[4]。VantagePro2 自动气象站的最大接受范围为 300 m,主机采用一体化设计,通过安装不同的探测器,可采集太阳辐射、温湿度、降水量、蒸散量、风速风向、紫外辐射、气压、露点等气象因子,并可自动生成 NOAA 气象报告和趋势分析图^[5]。为了实现无线远程传输,Vantage Pro2 型自动气象站控制台的接口使用串口(Serial Port)控制台^[6]。

2.2.2 风蚀量监测 采用插钎法测量地表土壤风蚀量。根据实地情况,在重要居民点附近的耕地以及沙化或者半沙化区域进行插钎监测试验布设,在每个布设点进行 GPS 定位,以便于观测结束时观测值的读取。通过插钎读数确定风蚀和积沙厚度,对所测定的区域进行风蚀量的估算。具体布置方案为:预先在钢钎上中点标记地表初始位置,作标记线,将直径 0.6 cm、长 30 cm 无帽钢钎相距 1 m×1 m 分上中下、左中右纵横各 3 排(共 9 根)沿坡面垂直方向打入,标记线与坡面齐平,给每只钢钎编号并登记。观测结束时,观测标记线与坡面,使用钢卷尺测量,计算坡面土壤侵蚀深度和侵蚀量。

2.3 数据处理

采用 Windninja 和 ArcGIS 软件对数据进行处理和制图。Windninja 是一款计算风场空间变化、模拟风场特征的软件,它可以根据不同的下垫面、地形和实际天气条件,模拟实地风场。Windninja 在设计时

要求地形分辨率为 100~200 m,因此能够有效解决小地形区风场模拟。此软件运行需要一个基本底图,包括研究区高程数据文件、域值及其主要植被。Windninja 软件主要分为工具栏、导航区、输入面板和输出控制台 4 部分,在导航区 surface input 打开底图,选取单位,在 wind input 中输入观测时间以及风速风向数据,选择输出数据格式后点击 solve 键。

3 结果与分析

3.1 小坝子地区风场特征

3.1.1 各监测点风速和风向频率 风向频率常作为风场特征分析的主要数据,是指某段时间内,某方位的风向观测次数除以该段时间内观测的总次数的值。风向频率玫瑰图是描述某一局地主导风向的客观方法之一^[7],根据研究区玫瑰图可以得出 7 个测点主导风向分布规律:上东湾地区以 SE 风为主导风向,频率占 23%,其次为 NW 风,频率占 17%;二道泉子地区主导风向为 SSW 风,风向频率为 29%,其次为 NE 风和 N 风,风向频率分别为 18%和 15%;榔头沟地区主导风向为 SE 风,频率为 20%,其次为 ESE 风,频率为 12%;庙沟子地区以 WSW, ESE 风为主导风向,风向频率分别为 21%,18%,其次为 W 风和 SE 风,频率分别为 13%和 11%;沙坨子地区主导风向为 ESE 风,频率为 22%,其次为 SE, WNW 和 NW 风,频率皆为 16%;小坝子梁地区以 S, SE 和 SSE 风为主导风向,风向频率依次为 16%,15%和 14%,其次为 NNW 风,频率 10%;小梁地区主导风向为 WNW,频率为 32%,其次为 E 风和 W 风,风向频率分别为 12%和 11%。平均风速与静风频率有较好的对应关系,即静风频率高对应平均风速小,静风频率低对应平均风速大^[5]。榔头沟地区静风频率最大,为 26.20%,平均风速最小,为 0.7 m/s;小坝子梁地区

静风频率最小,只有 0.20%,而平均风速最大,为 2.45 m/s。由风向频率玫瑰图分析可知,小坝子乡 5 月,6 月为大风季节,风向频率的分布形态皆为双峰状。除二道泉子地区主导风向为 SSW 和 NE 外,其余地区主导风向主要集中在 ESE, SE, WNW, NW 等,榔头沟地区静风频率较高。风向频率的差异变化,说明地形的非均匀性对风向频率的影响是很大的^[8]。但总体来看,小坝子地区以西北和东南风向为主,这与华北地区气候和该区地形密切相关,说明了地形对风场的影响。从平均风速日变化可以看出,7 个测站点平均风速日变化均呈单峰状^[9],且各测站点间风速变化规律较为一致,风速白天较夜间大,从前一天 22 点到第二天 7 点风速比较稳定,变化不大,7 点开始各测点风速增大,到 22 点风速降到最低。从平均风速日变化幅度来看,上东湾、庙沟子和沙坨子这 3 个地区风速变化幅度较大,幅度为 2~3 m/s;榔头沟、二道泉子、小坝子梁以及小梁这 4 个地区风速变化幅度较小,幅度为 1~1.5 m/s。

3.1.2 小坝子地区风场等值线和矢量特征 综合以上数据分析,在 Windninja 软件中加载小坝子地区实地的 DEM 图,根据实地监测的风速和风向,对实地的风场进行模拟。从而得到了小坝子地区冬、春两季风速等值线图(图 1)和风场矢量图(图 2)。由图 2 可以看出,小坝子主要风向为西北和东南风向,风场矢量由西北向东南,这与研究区地势西北高东南低有关。西北部地势高风场矢量呈发散状,而东南部地势低,风场矢量呈汇集状。春季在西北和东南形成两个风速密集区和几个小高风区,在西北部地势较高区域形成强风蚀,东南部因地势低洼,气流汇集;冬季同样是西北和东南区风场等值线大,但相对简单。这说明地形和季节对风场影响密切,春季风速大,变化频率高,风蚀强烈。

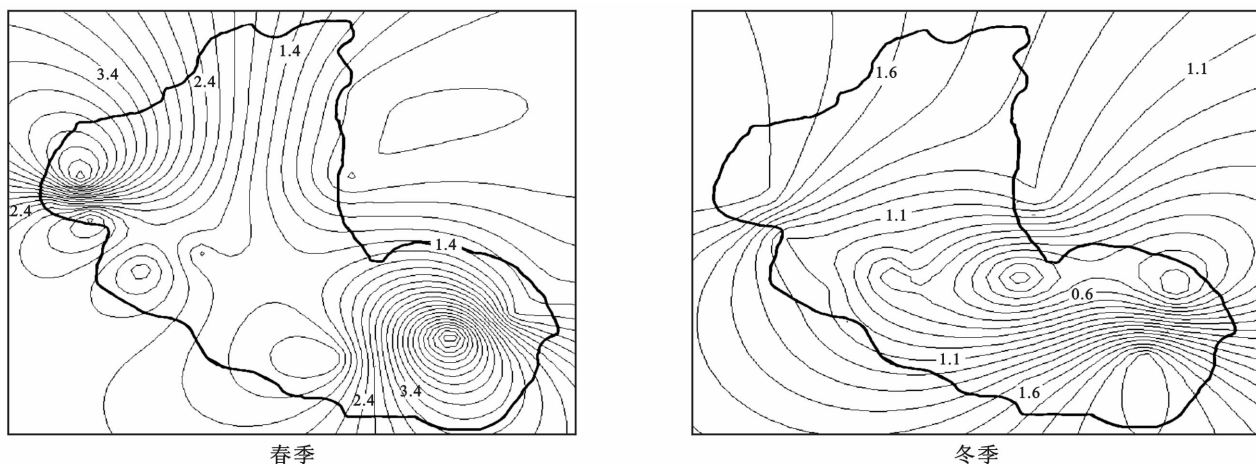


图 1 小坝子乡地区春冬季风速等值线图

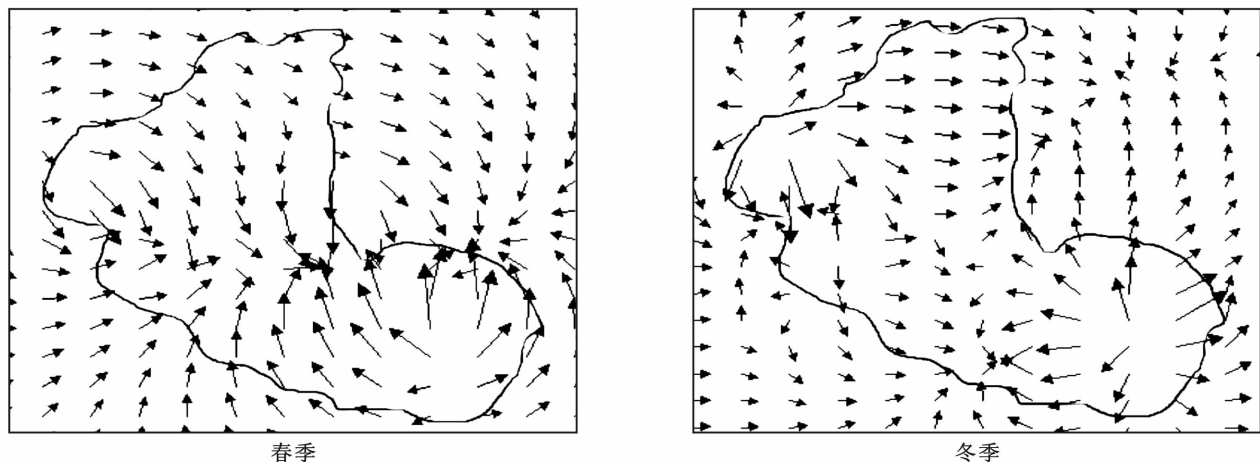


图 2 小坝子地区春冬季风矢量特征图

3.2 不同下垫面对风场特征的影响

3.2.1 不同海拔高度对风向频率和平均风速变化的影响

选择高海拔地区小梁(海拔为 1 364 m)和低海拔地区榔头沟(海拔为 915 m),将两地风向频率和平均风速进行对比。由图 3 可知,两地风向频率均以西北风向和东南风向为主,呈现双峰曲线,其中高地(小梁)风向频率以 WNW 和 E 最大,低地(榔头沟)风向频率以 SE 和 WNW 最大,即以西北风和东南风频率较大,高海拔区风向频率变化小于低海拔区。由于地

形和下垫面不同,各观测点的平均风速差异较大。小坝子乡地势由西北向东南递降,因此平均风速值也是从西北向东南呈递减趋势,位于西北部高海拔区小梁的平均风速整体大于东南部低海拔区榔头沟的风速。高海拔区小梁地势陡峭,平均风速值较大,达到 2.29 m/s;低海拔区榔头沟地区地势平缓,平均风速值最小,为 0.7 m/s。两地平均风速白天均在午后 14:00 左右达到最大,夜晚 22:00 点左右风速达到最小。可见海拔是该地区影响平均风速的重要因素。

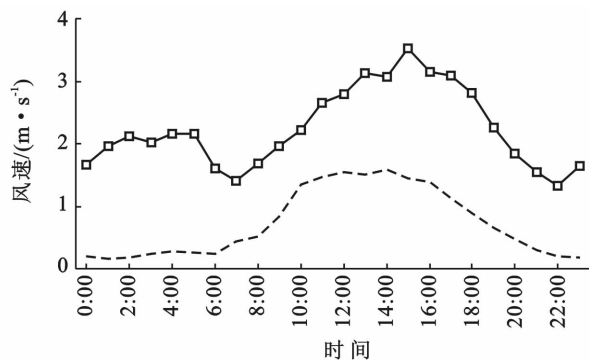
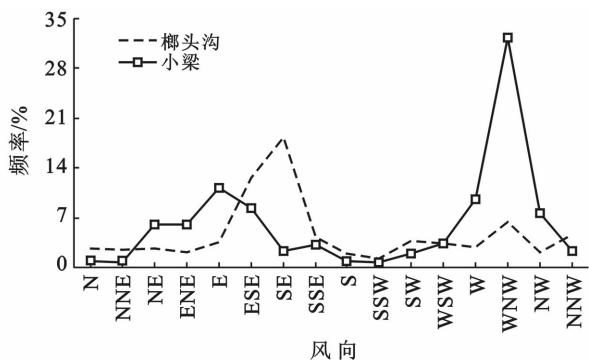


图 3 小坝子地区不同海拔地区风向频率和平均风速对比

3.2.2 不同土壤条件对风向频率和平均风速变化的影响

庙沟子地区土壤为未沙化土壤,质地较好;沙陀子地区土壤为沙化土壤,质地较差。将两地风向频率和平均风速进行对比。由图 4 可以看出,土壤未沙化地区风向以 ESE 风和 WSW 风为主,土壤沙化地区以 ESE 风和 WNW 风为主,两地风向频率基本相同,均呈双峰曲线。虽然两地风速变化趋势一致,但是沙化地区沙陀子平均风速整体略大于未沙化地区庙沟子,可见土壤因子对该地区平均风速有一定影响。白天 6:00 以后至下午 21:00 沙化地区风速高于未沙化地区,而在 21:00 至 6:00,沙化地区风速小于未沙化地区,这与两地土壤特性和地表粗糙度密切相

关,沙化区地表植被稀疏,地表粗糙度低,降风作用小,而且沙土热容量低,中午受太阳辐射升温快,夜间保温性低,散热快,冷热巨变是影响近地层风速的重要因素之一。

3.2.3 人为干扰对风向频率和平均风速变化的影响

上东湾地区观测点接近居民点,在耕地附近,人为干扰较大;小坝子梁地区地处深山,观测点人为干扰较少。上东湾和小坝子量地区风向频率和平均风速如图 5 所示。分段由图 5 可以看出,人为干扰较大的上东湾地区以 SE 风和 NW 风为主,风向变化小。人为干扰较小的小坝子梁地区 N, SSE, SW, NNW 风频率均较大,风向变化大,波动强烈。而平均风速变化

趋势虽然一致,呈现午后高夜间低的单峰曲线,但是人为干扰较大的上东湾风速变化幅度大于人为干扰

较小的小坝子梁地区。可见人为干扰对风速也是有一定的影响。

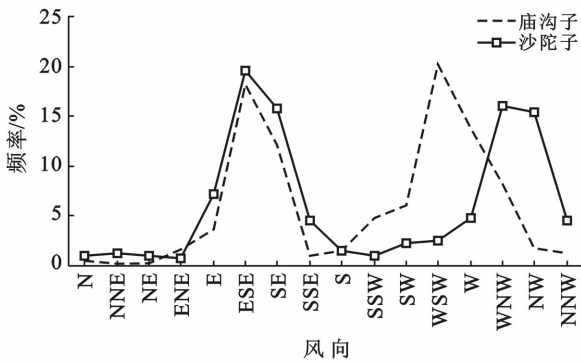


图 4 小坝子地区不同土壤因子地区风向频率和平均风速对比

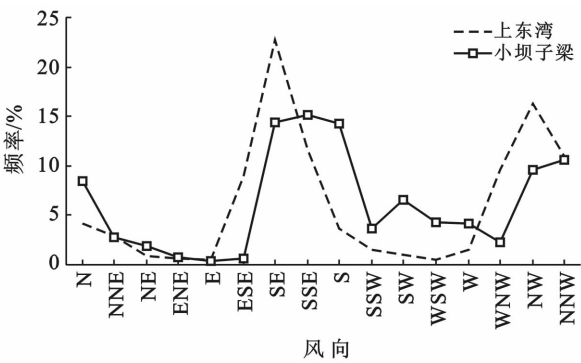


图 5 小坝子地区不同人为干扰地区风向频率和平均风速对比

3.2.4 不同坡向风速频率和平均风速变化 二道泉子测点山坡坡向为南北走向,庙沟子测点山坡坡向为东西走向。将两地风向频率进行对比,如图 6 所示。由图 6 可以看出,南北坡向的二道泉子区以 N 风和 S 风为主。东西坡向的庙沟子区风向以 ESE 风和 W 风为主。由此可见坡向是影响风向频率的极其重要

的因素。从现实情况来看,坡向的影响实质上就是迎风坡与背风坡的差别。南北坡向的二道泉子地区平均风速变化为多峰型,分别在 2:00, 10:00, 16:00, 22:00 出现较大值,波动性频繁,而东西坡向的庙沟子地区平均风速变化为单峰型,在 14:00 左右出现最大值。整体上南北坡向风速大于东西坡向风速。

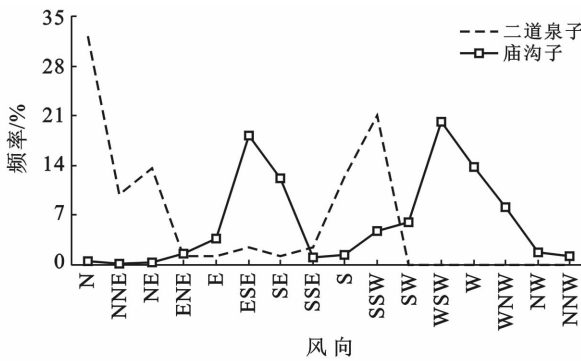


图 6 小坝子地区不同坡向地区风向频率和平均风速对比

3.3 小坝子地区风场与风蚀沙埋的关系

3.3.1 研究区风沙侵蚀量分布 2011 年 11 月 5 日初冬季节,在小坝子乡范围内根据干扰风场特征的因素,选择典型代表点进行土壤风蚀监测试验布设,共

计布设监测点位 60 个,有效点位 38 个。在每个观测点进行 GPS 定位,于开春后(2012 年 3 月 5 日)进行

数据读取。根据监测数据,小坝子乡监测点4个月的风蚀厚度为1.05 cm,积沙厚度0.84 cm,总体侵蚀程度严重。由表1可以看出,沙化土壤结构性差,抗风蚀能力低,因此风蚀量远大于未沙化地区,同时未沙化地区土壤也有积沙增厚的趋势;耕地上冬春风季虽然也没有植被,但由于耕地周边人工林以及作物根茬

的存在,地表粗糙度大,抗风能力强,风速减缓导致地表有堆积现象,而非耕地因植被状况较差,地表裸露较多,风蚀作用强,因此土壤侵蚀严重;迎风坡的侵蚀量明显大于背风坡,且迎风坡发生风蚀后背风坡呈现积沙现象;平地测点多选在耕地附近,周边人工植被情况较斜坡好,有堆积现象,斜坡因植被稀疏,风蚀较严重。

表1 小坝子地区不同立地条件下的侵蚀量

立地条件	土壤因子		人为干扰		坡向因子		坡度因子	
	沙化	未沙化	耕地	非耕地	迎风坡	背风坡	平地	斜坡
平均蚀积厚度/cm	-0.22	+0.15	+0.14	-0.08	-0.57	+0.33	+0.31	-0.11

注:“-”表示风蚀,“+”表示积沙。

3.3.2 风场与土壤侵蚀分布关系 采用插钎法测量小坝子地区地表土壤风蚀量,布设时间为冬季。使用小坝子地区冬季风矢量特征图与该区土壤侵蚀量图在 ArcGIS 中叠加,可以得到该区风场与侵蚀量关系图。分析可知,小坝子主要风向为西北和东南风向,风场矢量由西北向东南,这与华北地区气候特征一致,也与研究区地势西北高东南低有关,侵蚀量由西北向东南逐步递减,西北风蚀,东南堆积,即研究区内沙丘整体缓慢向东南移动。侵蚀强度与风场有直接的关系,侵蚀强度分布与风场特征矢量分布一致。

4 结论

(1) 风向主要受接坝山区地形的影响。该区整体地势西高东低,山脉走势西北-东南向,直接影响到了接坝山区的风向。不同季节,由于受气候、地形、植被、土壤等变化影响,风向频率变化显著,但日变化趋势也符合总体变化趋势,昼夜温差大,风向季节和日变化较大。

(2) 受地形地貌影响,小坝子乡风速值从西北向东南方向逐渐递减,小坝子梁和小梁地区风速值较大,榔头沟地区风速值较小。不同季节,受气压变化影响和其他气象要素变化影响,风速变化较大,春季风速高于冬季。风速在空间上的变化主要受地形地

貌的影响,在时间上的变化可能主要受气压的影响。

(3) 风蚀由西北向东南减弱,沙丘整体向东南缓慢移动,符合风场特征矢量分布。风场强度与侵蚀量密切相关,风场强度越大,侵蚀量越大。

[参 考 文 献]

- [1] 胡毅,李萍,杨建功,等.应用气象学[M].北京:气象出版社,2005:124-134.
- [2] 戴安国.重庆城市风场特征[J].重庆环境科学,1992,14(3):33-36.
- [3] 刘汉涛.阴山北麓保护性耕作地表抗风蚀效果的试验研究[D].内蒙古呼和浩特:内蒙古农业大学,2006.
- [4] 杨利群,孙纳卡.利用 Excel 简捷制作风向玫瑰图[J].贵州气象,2002,26(1):38-39.
- [5] 骆汉,田佳,冯磊,等.华北地区高速公路附近春季风场特征分析[J].中国水土保持科学,2008,8(S):77-80.
- [6] 田佳,骆汉,田涛,等.基于 CDMA 1X 的无线传输自动气象站系统的构建[J].水土保持通报,2010,30(2):180-183.
- [7] 张德山,穆启占,冯涛,等.2008年奥运会期间北京城区地面风场的分析[J].气候与环境研究,2007,12(4):574-575.
- [8] 靳建军,张镭.兰州东部地区冬季地面风场特征[J].兰州大学学报,2000,36(1):113-120.
- [9] 薛彬,朱瑞兆.我国北部草原地区近地层平均风特性分析[J].太阳能学报,1992,13(3):232-238.