

# 气象要素与植被覆盖对沙尘暴发生发展的影响 ——以浑善达克沙地为例

特日格乐<sup>1</sup>, 银山<sup>1</sup>, 咏梅<sup>1</sup>, 都瓦拉<sup>2</sup>

(1. 内蒙古师范大学 地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022;  
2. 内蒙古自治区生态与农业气象中心, 内蒙古 呼和浩特, 010051)

**摘要:**浑善达克沙地位于内蒙古东部, 属中温带半干旱大陆性季风气候区, 生态环境具有脆弱性和敏感性, 也是春季我国北方北路沙尘暴的必经之地。近年来由于持续干旱, 浑善达克周边草地荒漠化程度加剧, 成为我国北方沙尘暴主要源地之一。本研究选取了浑善达克沙地西北至东南的三个气象站点为研究区, 分析了1980—2010年的气象要素、植被覆盖度变化与沙尘暴发生频率之间的关系。研究得出:(1)近三十年, 该区域沙尘暴日数呈波动性减少的趋势;(2)降水、湿度与沙尘暴日数的变化呈负相关关系, 并且自西北向东南递减, 沙尘暴发生日数与风速成正相关关系;(3)沙尘暴发生日数与前一年的植被覆盖度呈负相关关系, 其中二连浩特的相关性最高。

**关键词:**沙尘暴; 气象要素; 植被; 浑善达克沙地

中图分类号:P445 文献标识码:A 文章编号:1673-260X(2016)04-0048-03

## 1 引言

沙尘暴是干旱、半干旱地区具有突发性、大灾害的恶劣天气, 能在短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失。我国的沙尘暴主要分布在西北及华北大部分地区, 属于中亚沙尘暴区的一部分, 是全球现代沙尘暴的频发地区之一<sup>[1-2]</sup>。目前我国沙尘暴主要运用统计方法、数值模拟与分析地面天气图等方法研究沙尘天气的成因、气候特征及移动路径的变化。如王式功等利用1954—2000年中国338个站沙尘天气资料及相关气候资料, 从沙尘天气区划方面着重分析研究了我国沙尘天气的区域特征<sup>[3]</sup>;邱新法等利用地面天气图和地面气象记录研究了我国沙尘暴时空分布规律及沙尘源地、移动路径<sup>[4]</sup>;沙尘暴的发生发展除了取决于特定的天气条件以外, 还与地理环境有关, 其中最重要的条件是地表植被覆盖状况<sup>[5]</sup>。黄富祥等研究了不同植被覆盖条件对风蚀输沙率影响, 得出在毛乌素沙地要有效减少和防治风蚀, 植被覆盖率必须达到40—50%的水平, 而要保证在最高风速下风蚀输沙得到有效控制, 植被覆盖率必须达到60—70%的水平<sup>[6]</sup>;李彰俊等研究了内蒙古中西部的下垫面对沙尘暴发生发展的影响, 研究得出沙尘暴日数的地理分布与地貌格局有密切关系, 并与植被覆盖度呈负相关关系<sup>[5]</sup>;王革丽等研究了浑善达克沙地沙尘暴的气候特征, 研究表明, 沙尘暴出现日数的变化是特定气候变化的反映, 同时下垫面条件的持续恶化是造成浑善达克沙地西部沙尘暴天气持续增加的重要原因<sup>[7]</sup>;刘树林等研究了浑善达克沙地春季风沙活动的特征, 发现输沙率随风速增加成非线性增大<sup>[8]</sup>;内蒙古中西部

地区是我国西北地区沙尘暴的主要源地之一。内蒙古的沙尘暴主要通过西北路和北路两条路径影响下游京津地区, 该地区强沙尘暴约有三分之一影响到京津地区, 约有三分之二的特强沙尘暴对该地区构成威胁, 会引起扬沙、浮尘甚至沙尘暴天气。浑善达克沙地属我国四大沙地之一, 该地区及其周边地区是内蒙古中西部沙尘暴较频发区<sup>[9-10]</sup>, 也是我国气候变化与人类活动影响较为敏感的地区之一<sup>[4]</sup>。现在该区土地沙漠化非常严重, 已经成为我国沙漠化少数超过4%发展率的地区之一, 而且是我国四个主要沙尘暴中心和源区之一<sup>[11]</sup>。因此, 对内蒙古中西部沙尘暴频发的浑善达克沙地及周边地区的沙尘暴进行分析研究, 并在此基础上研制沙尘暴天气的监测预报方法, 对沙尘暴做出更准确的预报, 对防灾减灾、生态环境建设和人民生活具有重要意义。本文试图从气象要素以及植被覆盖度的变化特征来探讨1980—2014年沙尘暴日数变化趋势并分析两者之间的关系, 为该区沙尘暴灾害的防治提供科学依据。

## 2 研究区概况

浑善达克沙地东起大兴安岭南段西麓, 向西一直延伸到集二铁路沿线以西, 东西延伸约473km, 南北宽50~100km, 最宽处达200km, 总面积4163967.63hm<sup>2</sup>, 本文选取111°27'34.2"~117°10'46.9"E, 41°10'10.5"~42°58'30.7"N, 研究区大部分处于中国季风边缘地区, 包括内蒙古锡林郭勒盟的锡林浩特市、阿巴嘎旗、苏尼特左旗、苏尼特右旗、镶黄旗、正镶白旗、正蓝旗、多伦县和赤峰市的克什克腾旗等9个旗县(市)。属中温带半干旱、干旱大陆性季风气候, 年平均

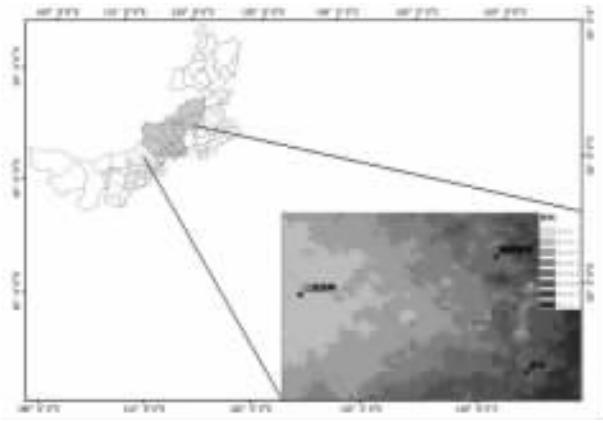


图 1 研究区

降水量从东南部的 400mm 左右,向西北递减至 150mm,有些地方甚至不足 100mm.

### 3 数据与方法

#### 3.1 NDVI 数据

论文中使用了由 NASA 免费提供的(<https://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>)NOAA 1981–2006 年半月最大合成数据,空间分辨率  $8\text{km} \times 8\text{km}$ .数据集制过程中已经过辐射校正和几何粗校正等处理.

MODIS 数据采用 NASA 免费提供的覆盖内蒙古中西部地区的 MOD13Q1 级产品,该数据时间尺度为 2000–2010 年,时间分辨率为 16 天,空间分辨率为 250m.研究区轨道数据为 h26v04.应用 ENVI 软件对下载的数据进行数据格式和投影转换、数据拼接、裁剪等.对处理好的 NOAA 数据与 MODIS NDVI 数据采用最大合成法(MVC)获取月 NDVI 值.公式为:

$$\text{MNDVI}_i = \text{Max}(\text{NDVI}_1, \text{NDVI}_2)$$

式中:i 为月序号,取值范围 1–12;MNDVI<sub>i</sub> 为第 i 月的 NDVI 值;NDVI<sub>1</sub> 和 NDVI<sub>2</sub> 分别为第 i 月上半月和下半月的 NDVI 值.

#### 3.2 NOAA NDVI 和 MODIS NDVI 数据一致性检验

由于 NOAA 和 MODIS 两种数据采用了不同的传感器,因此需对两种数据的一致性进行检验<sup>[12]</sup>.NDVI 数据的时间尺度为 2000–2010 年,NOAA 数据的时间尺度为 1982–2006 年,根据两种数据 2000–2006 年共 7 年的重叠数据,对最大 NDVI 数据进行相关分析,两者相关系数为 0.9451,在 0.001 置信水平上通过检验,说明两种数据在区域尺度上具有显著的一致性.

#### 3.3 沙尘暴与气象数据

本文利用处于内蒙古浑善达克沙地的五个地区的 1980–2013 年的沙尘暴日数观测资料,并对其进行统计分析,得出沙尘暴日数月变化、年际变化.本文选取 1981–2013 年研究区 3 个气象站点的月、年均温度、降水、风速以及相对湿度等气象数据,具体气象站点包括二连浩特、多伦县、锡林浩特(图 1).

### 4 结论

#### 4.1 浑善达克沙地沙尘暴日数变化分析

##### 4.1.1 时间变化趋势

将浑善达克沙地五个地区 1982–2010 年的沙尘暴总日

数按月做统计(图 3)可以看出,沙尘暴发生主要集中在 4 月与 5 月,这两个月沙尘暴发生总日数大约占到全年的 60%,从年内变化来看,春节发生沙尘暴的次数较其他季节多.其次,3 月份与 6 月份也较多,大约占到全年沙尘暴日数的 25%.9 月份与 10 月份为沙尘暴少发月份.从沙尘暴日数年际变化趋势图(图 4)得知,在 80 年代中期至 90 年代初期沙尘暴发生的频率较高,随后 90 年代有所减少,到 2000 年初又明显增多,近三十年来研究区内沙尘暴日数呈现波动性变化且有减少的趋势.

##### 4.1.2 空间变化特征

以年均沙尘暴发生日数为指标,分析了浑善达克沙地五个地区 1982–2010 年沙尘暴发生的时空分布及特征.从图 5 中可以看出,研究区内自西部向东沙尘暴日数存在明显的递减趋势.其中,朱日和近三十年发生沙尘暴的日数最多,达到 206 次,年均 17 次.该区域位于浑善达克沙地西北部,为荒漠–半荒漠草原,春季干旱风大,是沙尘暴易发地区.其次是二连浩特和阿巴嘎旗及周边地区,年均发生次数达 14、10 次.也位于浑善达克沙地北部及西北部,也是一个相对多发区.

从不同年代际平均沙尘暴日数分布图可以看出,近三十年来研究区 80 年代到 90 年代之间发生频率较高,随后减少,2000 年以后又有明显的增长趋势.从图 5-b 可知,2000–2003 年沙尘暴发生日数增多,近三十年中所占比例达到 16.48%、22.81%、16.8%、23.88%、25%.其中 2003 年最多.相比较,近两年浑善达克沙地沙尘暴发生日数明显减少,尤其多伦县(图 c).

#### 4.2 浑善达克沙地沙尘暴日数变化与气候因素变化的关系

##### 4.2.1 气象要素对沙尘暴日数的影响

沙尘暴的产生是由多方面因素引起的.风蚀沙尘暴发生必不可少的动力条件,是判定沙尘暴强度的主要指标,也是沙尘暴预测预报的依据.天气的变化取决于气候背景的变化,而气候变化对沙尘暴的发生又产生直接或间接的影响.本文选择了降水量,气温,相对湿度,风速等因素的变化特征以及每个因素对沙尘暴发生发展之间的影响.研究区内五个地区的各个气象要素与沙尘暴频率的相关系数来看,气温,降水以及相对湿度这三个气象要素都是影响地表土层或者土壤湿度,再影响植被生长,从而间接的影响到沙尘暴活动(表 1).大风是形成沙尘暴天气的 3 个必备条件之一,是动力条件,并且影响强度.如果沙尘暴发生时风速越大,就越容易卷起地面沙尘,形成沙尘暴的强度就越严重.因此风速与沙尘暴活动的发生呈正相关关系.

##### 4.2.2 地表植被覆盖对沙尘暴的影响

近三十年间,研究区内的 NDVI 平均值呈增长趋势,总体呈波动变化.1983–2000 年趋势平缓,没有明显的波动;2000 年以后波动明显,2002 年的植被覆盖度最高,NDVI 值为 1.80.从空间分布来看,研究区内呈现东高西低,呈递减的趋势;从变化趋势来看,锡林浩特与多伦的植被覆盖度变化趋势较一致,NDVI 值相对较高,二连浩特的 NDVI 值偏低.而多伦县植被覆盖度较其他三个地区高,且趋势平缓,近三十年沙尘暴发生的频率也较其他地区低(图 6).

文中利用近三十年的气象数据,对前一年的植被覆盖

表1 当年的气候因素与沙尘暴发生日数的相关性

气候因素	月	多伦	二连浩特	锡林浩特	气候因素	月	多伦	二连浩特	锡林浩特
风速	3	0.36*	0.11	0.43**	降水量	3	0.01	-0.04	0.04
	4	0.34*	0.35*	0.48**		4	0.1	-0.35*	-0.23
	5	0.41*	0.27	0.41*		5	0.04	-0.17	-0.17
气候因素	月	多伦	二连浩特	锡林浩特	气候因素	月	多伦	二连浩特	锡林浩特
	3	0.12	0.2	0.26		3	-0.39	-0.17	-0.37*
	4	-0.28	-0.17	0.06		4	-0.05	-0.34*	-0.28
气温	5	-0.16	-0.08	-0.38*	相对湿度	5	-0.26	-0.29	-0.06

注:\* 为 0.01 水平上显著, \*\* 为 0.05 水平上显著

状况与当年的沙尘暴日数的相关性进行分析并得出, 沙尘暴的发生频率与植被覆盖度之间存在负相关关系, 研究区夏季植被覆盖率与翌年沙尘暴日数的负相关关系最为明显, 研究区内二连浩特的最明显(表 2)。

图 6 前年的 NDVI 与当年的沙尘暴日数的关系

表 2 前年的 NDVI 与当年的沙尘暴日数的相关性

	月	多伦	二连浩特	锡林浩特
NDVI	4	-0.13	-0.60**	-0.25
	5	-0.60**	-0.30*	-0.19

注:\* 为 0.01 水平上显著, \*\* 为 0.05 水平上显著

## 5 结论

(1) 近 30 年来, 沙尘暴日数呈波动减少的趋势, 而其中, 3 月, 4 月, 5 月份的沙尘暴日数比其他月份的多。1983—1990 年、2000—2003 年间沙尘暴活动较频繁, 2011 年以来开始减少。从地区分布来看, 朱日和与二连浩特的沙尘暴日数最多, 这是由于该地区年降水量逐年减少, 气温逐年增高, 土地干旱和荒漠化严重。空间上, 研究区内西部地区沙尘暴发生次数较多, 主要集中在二连浩特及朱日和、阿巴嘎等地区, 东部锡林浩特、多伦县相对较少。

(2) 研究区在 1982—2010 年的 30 年间, 植被覆盖度总体上呈现出上升趋势, 其中 1982—1998 年间变化不大, 随后至 2001 年植被覆盖度减少, 2001—2004 年又增长, 2003 年、2004 年达到最大值 0.27, 2012 年之后有减少的趋势。植被覆盖度空间分布上与沙尘暴日数的分布相对应, 西部地区低, 东部较高。

(3) 淳善达克沙地中西部地区, 前一年植被覆盖度的下降(上升)趋势与当年沙尘暴日数的上升(下降)趋势是相对应的, 80 年代沙尘暴日数增加, 植被覆盖度降低; 90 年代沙尘暴日数减少, 植被覆盖度上升。因此上述结果表明, 沙尘暴的发生除了受到气象因子、环流形势的影响外, 与植被覆盖度之间存在着负相关关系。气候因子与沙尘暴的发生有着密切的关联。从各气候因子与沙尘日数的相关性来看, 沙尘暴发生频率与降水量、湿度相关性并不是很明显。而与风速的

相关性较高, 尤其是在朱日和与阿巴嘎旗, 这是由于该地区位于内蒙古西北部干旱区。

## 参考文献:

- [1] Nickling W G, Brazel A J. Temporal and spatial characteristics of Arizona dust storms(1965—1980) [J]. *J. Climatology*, 1984, 4:645—660.
- [2] Middleleto N J. A geography of dust storms in south-west Asia [J]. *J. Climatology*, 1986, 6:183—196.
- [3] 王式功, 王金艳, 周自江. 中国沙尘天气的区域特征 [J]. *地理学报*, 2003, 58(2):193—200.
- [4] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径 [J]. *地理学报*, 2001(03):316—322.
- [5] 李彰俊. 内蒙古中西部地区下垫面对沙尘暴发生发展的影响研究 [D]. 南京信息工程大学, 2008.
- [6] 黄富祥, 牛海山, 王明星, 王跃思, 丁国栋. 毛乌素沙地植被覆盖率与风蚀输沙率定量关系 [J]. *地理学报*, 2001(06): 700—710.
- [7] 刘树林, 王涛, 郭坚. 淳善达克沙地春季风沙活动特征观测研究 [J]. *中国沙漠*, 2006(03):356—361.
- [8] 王革丽, 吕达仁. 淳善达克沙地沙尘暴气候特征分析 [J]. *气候与环境研究*, 2002(07):433—439.
- [9] 高涛. 内蒙古沙尘暴的调查事实、气候预测因子分析和春季沙尘暴预测研究(上) [J]. *内蒙古气象*, 2008(02):3—10.
- [10] Gao Tao, Xu Yongfu, Bo Yuhua, et al. Synoptic characteristics of dust storms observed in Inner Mongolia and their influence on the downwind areas (the Beijing-Tianjin Region) [J]. *Meteorological Applications*, 2006(13):393—403, doi:10.1017/S1350482706002404.
- [11] 银山. 内蒙古淳善达克沙地荒漠化动态研究 [D]. 内蒙古农业大学, 2010.
- [12] 信忠保, 许炳心, 郑伟. 气候变化和人类活动对黄土高原植被覆盖变化的影响 [J]. *中国科学(D 辑: 地球科学)*, 2007(11):1504—1514.