

文章编号 :1006-7639(2004)-01-0013-04

宁夏中北部地区沙尘暴频率气候影响指数模型的建立

李艳春

(宁夏气象防灾减灾重点实验室,银川 750002)

摘要 从形成沙尘暴天气的动力机制、热力条件及物质基础入手,定性地分析了月平均风速、湿润度指数、月地面温差及下垫面沙化程度对沙尘暴频率的影响,在此基础上借鉴最新研究进展,建立适合宁夏中北部地区沙尘暴频率气候影响指数模型,比较深入地分析了宁夏中北部地区气候因素对沙尘暴频率的影响。

关键词 宁夏中北部地区;月沙尘暴频率;气候影响指数模型

中图分类号 P445.4

文献标识码 A

引言

宁夏中北部地区属中纬度干旱、半干旱气候带,西、北、东三面受腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、巴丹吉林沙漠和毛乌素沙地的包围。荒漠化土地面积 $328.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全区总土地面积的65%,其中风蚀沙化面积 $152 \times 10^4 \text{ hm}^2$,是我国沙漠化比较严重的地区之一,其沙漠化状况见图1。由于风蚀沙

高的地区之一^[1~2]。由于其特殊的气候条件及独特的地理特征,使沙尘暴天气在一年四季中不同月份的出现频率差异较大。本文在定性分析月平均风速、湿润度指数、月地面温差及下垫面沙化程度对沙尘暴频率影响的基础上,参考沙尘暴频率研究方面的最新成果,根据宁夏中北部地区的气候特征,建立影响沙尘暴频率的定量气候模型,对形成沙尘暴天气的月际变化进行研究。

1 方法和资料介绍

利用宁夏中北部地区不同方位上的(惠农、陶乐、银川、盐池、同心)5个气象站1961~2000年40a平均各月风速、降水量、蒸发量及地面温度资料,建立适应宁夏中北部地区气候特征的沙尘暴频率气候影响指数模型,以此来评价宁夏中北部地区气候因素对沙尘暴发生频率的影响。

2 气候因子对沙尘暴频率影响的定性分析

在宁夏中北部地区春季3~5月份由于降水稀缺,气温回升快,旱情严重,同时也是平均风速最大、大风日数最多的时期,植物一般尚未开始萌发生长,覆盖率低,无法为地表土壤提供有效保护;另外,这个时期正是春耕时节,土地耕种清除了地表仅存的

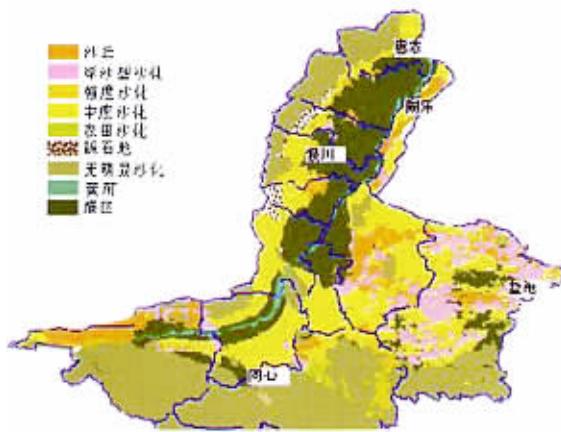


图1 宁夏中北部地区土地沙化状况分布图

Fig. 1 The sanded soil distribution in the north and middle part of Ningxia

化程度比较严重,该地区也是沙尘天气发生频率较

收稿日期 2004-03-02 改回日期 2004-03-19

基金项目:宁夏回族自治区自然科学基金项目(A1017)资助

作者简介:李艳春(1965-)女,宁夏中宁人,高级工程师,主要从事气候分析及研究工作,E-mail: nxlyc@163.com.

植被，并破坏土壤覆盖结构，将深层细微土壤颗粒暴露于地表。所有这一切因素，决定了春季往往是宁夏中北部地区沙尘暴发生最为频繁的季节，尤其在4月份为甚。进入夏季以后，随着降水的增多，土壤湿润程度不断提高，同时，风力减弱，植被覆盖率有所增大，沙尘暴的发生频率也随之降低，往往在8月份降至最低。进入秋季和冬季后，风速增大，降水渐少，植被覆盖率也逐渐降低，沙尘暴频率中间增大，但是冬季月份冰冻温度对地表的冻结作用，在一定程度上减少了沙尘暴的发生。

气候因素对沙尘暴频率的月际变化起到非常重要的作用。为此分析月平均风速、湿润度指数、月地面温差与对应同期沙尘暴频率的相关关系（表1）。

从表中可知，月平均风速越大对应的沙尘暴频率越高，反之沙尘暴频率越低；下垫面湿润度越大对应沙尘暴频率越低，反之沙尘暴频率越高。地面温差越大，即地面升温速度越快对应沙尘暴频率越高，反之沙尘暴频率越低。尽管上述不同气候因素与沙尘暴频率均存在着一定的对应关系，但由于受地理环境的影响，不同气候因素对同一代表站沙尘暴频率的影响程度存在着一定的差异。

表1 气候因素与对应同期沙尘暴频率相关系数统计表

Tab. 1 The correlation coefficient between frequency of sandstorm and climate factors

沙尘暴频率与	惠农	陶乐	银川	盐池	同心
月平均风速	0.92	0.48	0.83	0.85	0.57
湿润度指数	-0.45	-0.71	-0.63	-0.58	-0.44
月地面温差	0.85	0.66	0.77	0.79	0.87

3 模型建立

McTainsh等人在澳大利亚气候因素对沙尘暴频率影响作用的定量研究中，对前人工作进行了有益的改进，利用月的风速和土壤湿润指数平均数据，建立气候影响指数模型来模拟沙尘暴的发生频率，取得了较好的效果^[3~4]。黄富祥、张新时等人在借鉴国外研究成果的基础上，完成了毛乌素沙地气候因素对沙尘暴频率影响作用的模拟研究^[5]。在研究模型中考虑了月平均风速、土壤湿润度指数对沙尘暴频率的影响，使其更符合毛乌素沙地的气候条件，但由于在上述模型的建立中，只考虑了风速和湿润度对沙尘暴频率的影响作用。从沙尘暴天气发生的3个基本条件出发，风速和湿润度在一定程度上只能反映形成沙尘暴天气的动力条件和起沙的可能性，热力条件对沙尘暴天气的影响及形成沙尘暴天

气的物质条件（沙源）在模型中没有得到充分的体现，在本文中力求得到较充分的考虑。

3.1 宁夏中北部地区气候影响指数模型的建立

从图1可看到，对于不同的代表站，其下垫面土壤风蚀沙化程度差异较大，考虑到下垫面土壤风蚀沙化对沙尘暴频率的影响，我们在模型中引进了土壤风蚀沙化系数A。根据不同代表站下垫面风蚀沙化的程度，给出具体的A值，见表2。

表2 各代表站下垫面风蚀沙化系数表

Tab. 2 Wind corrosion index of underlying surface of the typical stations

风蚀沙化系数	惠农	陶乐	银川	盐池	同心
	0.2	0.2	0.2	0.8	0.5

在较全面地考虑了沙尘暴天气形成的动力条件（风速）、下垫面风蚀沙化程度（A系数）、起沙难易程度（土壤湿润度指数）、地表热力条件（地面温差）等的基础上，设计了如下能模拟宁夏中北部地区沙尘暴频率的气候影响指数模型。

模型基本结构为：

$$CD = A \times (W/D_{PE}^2) + T \quad \dots \dots \dots (1)$$

其中CD是用来描述气候因素对沙尘暴频率的影响指数，即气候影响指数；A为下垫面风蚀沙化系数；W为风速月平均值；D_{PE}是土壤湿润指数，T为本月与前月地面平均温度差值。

在上述诸多气候因素中，由于湿润度指数与沙尘暴频率存在着一定的负相关，并且月际之间存在着显著的变化。通过湿润度指数月际变化图（图略）可看出，一年中湿润度指数1~8月逐渐变大，9月以后开始变小，但冬季由于地面封冻，土壤水分不易散失，并且湿润度对沙尘暴发生频率的影响较小，因此11月、12月、1月气候影响指数模型调整为：

$$CD = A \times (W/D_{PE}) + T \quad \dots \dots \dots (2)$$

2月、3月尽管土壤湿润度指数仍然较小，但由于此时地表逐渐融化，湿润度对沙尘暴频率的影响在不断加大，因此2月、3月气候影响指数模型调整为(1)式。

土壤湿润度状况在一年中存在着显著的月际变化及季节变化，土壤湿润度较大的季节或月份对应的沙尘暴发生频率较小，土壤湿润度较小的季节或月份对应的沙尘暴发生频率较大，同时考虑到土壤湿润度状况对沙尘暴频率的影响有一定的滞后性。为此借鉴了McTainsh等人的研究成果，将相邻月份土壤湿润状况的变化划分为两种情况：一是土壤越来越湿润的变化过程，在这一过程中上一个月份

的土壤湿润度相对本月较低,使本月的实际土壤湿润度低于由降水和蒸发所决定的土壤湿润度,从而使本月沙尘暴频率有所增大;另一情况是土壤越来越干燥的变化过程,在这一过程中土壤的实际湿润度除受本月降水与蒸发的影响外,还受上一个月土壤湿润度的影响,从而使本月沙尘暴频率有所减小。这种前期土壤湿润度对本月沙尘暴频率的影响,只有在前期湿润度达到一定的程度时才有可能对本月沙尘暴频率产生影响,因此我们对4~8月的气候影响指数模型作如下调整:

$$CD = A \times (2W/D_{PE}^2 + 1/D_{PE}^*) + T \dots\dots\dots (3)$$

这里 CD 为土壤越来越湿润过程对应月份的气候影响指数,其中 D_{PE}^* 表示前月的土壤湿润指数,其它变量同前。

9月、10月湿润度指数迅速下降,对应前期较大的湿润度将对本月的沙尘暴频率产生一定的影响,

因此其气候影响指数模型调整为:

$$CD = A \times (W/D_{PE}^2 - 1/D_{PE}^* \times W/D_{PE}^2) + T \dots\dots\dots (4)$$

这里 CD 表示土壤越来越干燥过程月份的气候影响指数,变量同前。

综合上述对各月沙尘暴频率所建立的气候影响指数模型,得到了应用于宁夏中北部地区全年的气候影响指数模型,其表达形式如下:

$$CD = \begin{cases} A \times (W/D_{PE}) + T & \dots \dots \dots (11月, 12月, 1月) \\ A \times (W/D_{PE}^2) + T & \dots \dots \dots (2月, 3月) \\ A \times (2W/D_{PE}^2 + 1/D_{PE}^*) + T & \dots \dots \dots (4月, 5月, 6月, 7月, 8月) \\ A \times (W/D_{PE}^2 - 1/D_{PE}^* \times W/D_{PE}^2) + T & \dots \dots \dots (9月, 10月) \end{cases}$$

其中各变量所表示的内容同前。

3.2 建立沙尘暴频率对气候影响指数的回归模型

将宁夏中北部地区5个代表站各月沙尘暴频率资料与通过对应的气候影响指数模型计算出的各月气候影响指数建立回归模型,回归结果见表3。

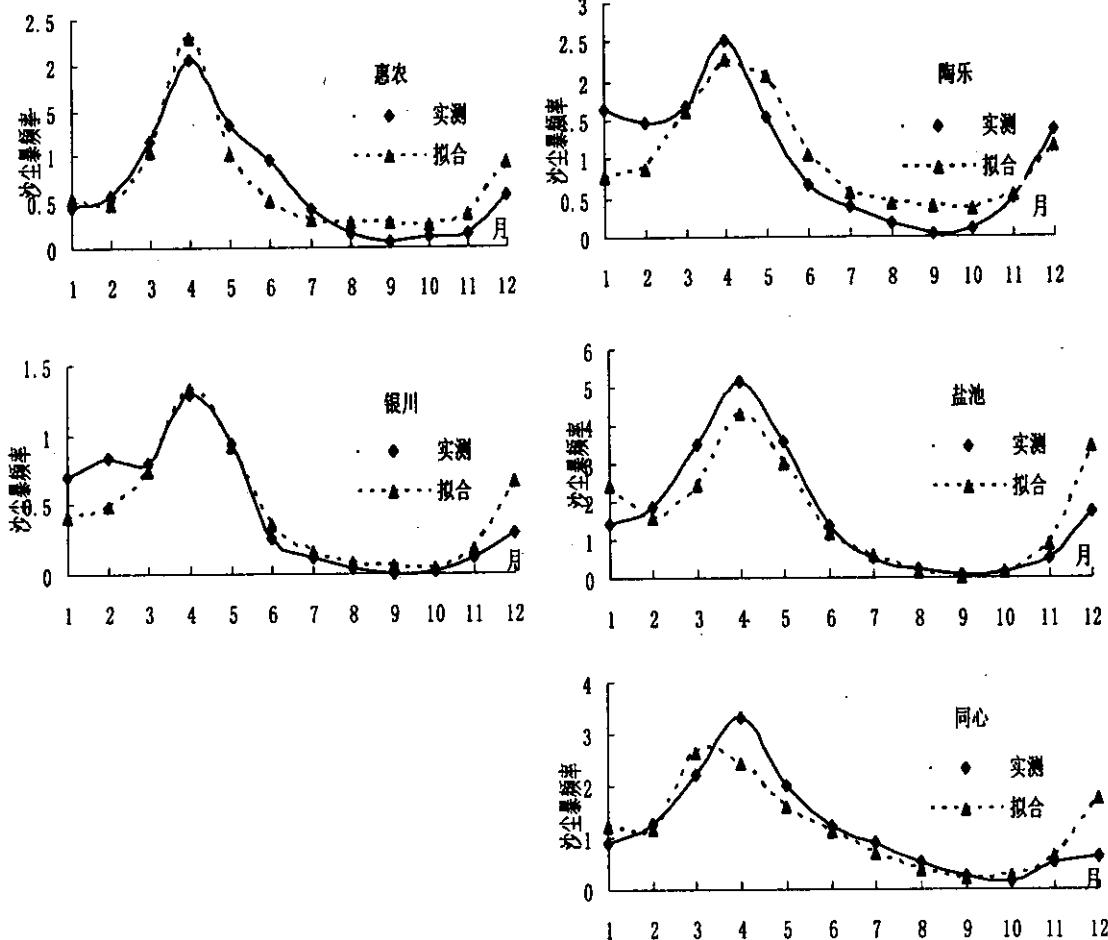


图2 宁夏中北部地区各气象台站沙尘暴频率的实测及模型计算结果对比图

表 3 各代表站沙尘暴频率对气候影响指数回归结果

Tab. 3 Regression of sandstorm frequency to the climate influence index in the typical stations

站点	回归模型	相关系数
惠农	$Y = 0.0011x + 0.2448$	0.92
陶乐	$Y = 0.0031x + 0.3568$	0.85
银川	$Y = 0.0049x + 0.0636$	0.91
盐池	$Y = 0.0053x - 0.035$	0.88
同心	$Y = 0.0043x + 0.1797$	0.85

从表 3 中可看出 :利用最新建立的宁夏中北部地区沙尘暴频率模型计算出的沙尘暴频率气候影响指数与实际的沙尘暴频率具有很好的相关性 ,其相关系数均达到 0.85 以上。图 2 是沙尘暴频率的实测及模型计算结果对比。

4 主要结论

4.1 宁夏中北部地区沙尘暴天气多发及形成沙尘暴天气月际分布格局的根本原因主要是气候因素的月际变化 ,其主要包括月平均风速、土壤湿润度状况、地表风蚀沙化程度、地表增温及加热的速度等。

4.2 本文建立的宁夏中北部地区沙尘暴频率气候影响指数模型 ,一方面考虑到不同代表站 ,下垫面土壤风蚀沙化程度对沙尘暴频率的影响 ,在模型中引进了土壤风蚀沙化系数 A ;另一方面 ,在考虑了沙尘暴天气形成的动力条件(风速)下垫面风蚀沙化程度(A 系数)起沙难易程度(土壤湿润度指数)的基础上 ,首次考虑了地表热力条件对沙尘暴频率的影响 ,在气候影响指数模型中引进了地面温差。

4.3 本文建立的用于模拟宁夏中北部地区沙尘暴频率的气候影响指数模型与通过实际的沙尘暴次数而计算出的沙尘暴频率具有很好的相关性。说明该模型比较适合宁夏中北部地区的气候特征 ,能够较好地模拟各月沙尘暴发生频率 ,不仅可用于解释当前的沙尘暴频率分布格局 ,也可用于各地沙尘暴频

率的预测和评估等目的。

4.4 该研究模型虽然较全面地考虑了影响宁夏中北部地区沙尘暴频率的诸多气候因素 ,且能较好地模拟各月沙尘暴发生频率 ,但对有些影响因素在模型中的贡献考虑的还不够全面 ,如 在模型中引进了土壤风蚀沙化系数 A ,只考虑了 A 值的区域变化 ,没有考虑 A 值的月际变化 ,实际上 A 值存在着较大的月际变化。因此该模型仍然存在一些不太合理的地方 ,有待在进一步的工作中得到改进。

参考文献 :

- [1] 黄富祥 ,张新时 ,徐永福 .毛乌素沙地气候因素对沙尘暴频率影响作用的模拟研究 [J]. 生态学报 ,2001 ,(21):1875 – 1884.
- [2] 高庆先 ,任陈海 .宁夏沙尘暴天气及放沙治沙的对策建议 [J]. 中国工程科学 ,2002 (2):16 – 21.
- [3] Yu B , Hesse P P , Neil D T. The relationship between antecedent climatic conditions and the occurrence of dust events at Mildura , Australia[J]. Journal of Arid Environments , 1993 , (24):109 – 124.
- [4] McTainsh G H , Lynch A W , Burgess R C. Wind erosion in eastern Australia[J]. Journal of Soil Research ,1990 ,(28):323 – 339.
- [5] Thornthwaite C W. The climates of North America according to a new classification[J]. Geographical Review , 1931 (21):633 – 655.
- [6] 钱正安 宋敏红 ,李万元 .近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析 [J]. 中国沙漠 ,2002 (2):106 – 110.
- [7] 钱正安 ,贺慧霞 ,瞿章 .我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征 [A]. 中国沙尘暴研究 [M]. 北京 :气象出版社 ,1997. 1 – 9.
- [8] 刘景涛 ,郑明倩 .内蒙古中西部强和特强沙尘暴的气候学特征 [J]. 高原气象 ,2003 (1):51 – 55.
- [9] 黄兆华 .我国西北地区历史时期的风沙尘暴 [A]. 方宗义 ,朱福康 ,江吉喜 等编 . 中国沙尘暴研究 [M]. 北京 :气象出版社 ,1997. 31 – 36.
- [10] 尚可政 ,董光荣 ,王式功 ,等 . 我国北方沙区气候变化对全球变暖的响应 [J]. 中国沙漠 ,2001 (4):387 – 391.

Simulating the Effect of Climate on the Dust Storm Frequency in North and Middle Region in Ningxia

LI Yan – chun

(Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing of Ningxia , Yinchuan 750002 ,China)

Abstract In this paper a quantitative model simulating the effect of climate on dust storm frequency was presented and the climate effect on dust storm frequency in north and middle regions of Ningxia was studied. Meteorological records of many years in six meteorological stations were applied to evaluate the climatic influential index and to simulate the actual dust storm frequency.

Key words 石方数据 ; north and middle region of Ningxia ; dust storm frequency ; climatic effecting index model