

影响阿拉善地区沙尘暴特征的气象因素分析*

成格尔

(内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019)

摘要: 本文以内蒙古阿拉善盟范围内的巴彦浩特、拐子湖等9个气象站1961年~2004年的沙尘暴逐次统计数据 and 气象资料为依据, 利用 Excel 和 SAS 数据处理软件, 采用线性趋势估计、相关分析、多元回归等方法, 对大风、降水、气温等主要气象因子与沙尘暴发生的次数和强度的关系进行了系统研究, 结果表明阿拉善地区沙尘暴发生的日数与大风日数呈显著正相关; 沙尘暴日数与年降水量呈显著负相关; 沙尘暴发生日数与气温相关性最弱, 呈负相关。

关键词: 沙尘暴; 气候因子; 阿拉善地区

中图分类号: P445+.4(226)

文献标识码: A

文章编号: 1009-3575(2007)02-0073-06

THE METEOROLOGICAL FACTORS AFFECTING SANDSTORM IN ALASHAN AREA

Chenggeer

(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract: The data on sandstorm and meteorology in 9 weather stations, such as Bayanhaote and Guizigu, in Alashan League were used to analyze the relationship between wind, precipitation, temperature and the frequency and intensity of sandstorm. Linear trend analysis, correlative analysis and multivariate regression were made with Excel and SAS software in the data analysis. The results showed that the days of sandstorm are significantly positive correlation to the days of wind, and significantly negative correlation to the annual precipitation, and the weak negative correlation to the air temperature.

Key words: Sand storm; climatic factors; Alashan region

沙尘暴是特定的气象和地理条件的产物。沙尘暴天气是在特定的下垫面条件下, 由大风扬起地面沙尘, 造成空气混浊, 水平能见度低于 1 000m 的恶劣天气现象。强劲的风力、丰富的沙尘源和不稳定的空气是形成沙尘暴的主要因素。阿拉善地区地处干旱荒漠地区, 是一个重要的沙尘源地, 是我国强沙尘暴中心之一^[1]。

本文利用阿拉善地区9个基本和基准气象站近44a的观测资料, 分析研究该区气温、降水、大风等主要气象因素与沙尘暴的形成和特点的关系, 加深对该区域沙尘暴形成机制和影响因素的认识, 为阿拉善地区沙尘暴灾害天气的监测、预报提供依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

阿拉善盟位于内蒙古自治区西部, 东经 97°10' ~ 106°35'、北纬 37°24' ~ 42°47' 之间, 东与内蒙古自治区乌海市、鄂尔多斯市、巴彦淖尔市相连, 南与宁夏回族自治区毗邻, 西、西南与甘肃省接壤, 北与蒙古国交界。阿拉善盟下辖阿拉善左旗、阿拉善右旗、额济纳旗3个旗, 共39个苏木(镇), 土地总面积 27 万 km²。

1.2 研究方法

1.2.1 资料来源 本文所用的气象数据是由阿拉善盟气象局气候资料中心提供的近44a来的相关气

* 收稿日期: 2007-04-20
基金项目: 国家自然科学基金(40561009)
作者简介: 成格尔(1974-), 女(蒙古族), 硕士, 讲师, 从事环境保护与城乡规划教学和科研。

候观测资料,包括阿拉善盟范围内的巴彦浩特、阿右旗、额济纳、锡林高勒、中泉子、诺尔公、吉兰太、拐子湖、头道湖共 9 个基本站和基准站自建站至 2004 年的历年逐月沙尘暴日数、月降水和月平均气温,1961 年~2004 年沙尘暴的逐日观测资料以及历年大风日数。这 9 个气象台站分布于全盟 3 个旗(具体位置见图 1),额济纳等 6 个站点记录完整,从 1961 年到 2004 年,共 44a;最短的是锡林高勒,共 24a。

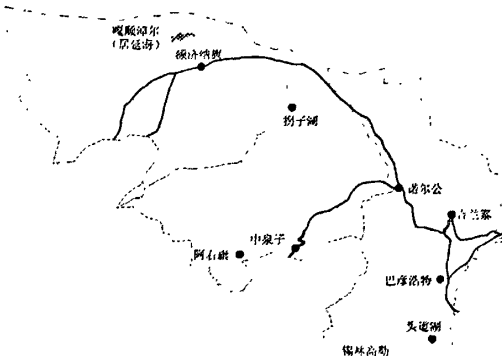


图 1 阿拉善盟 9 个气象站点地理位置

Fig 1. Location of the nine weather stations at Alashan Region were used for data collection

1.2.2 分析方法 本文主要采用了线性趋势估计、相关分析、F 检验方法、多元回归、逐步回归等方法。数据处理采用 Excel 和 SAS 数据处理软件。将数据录入 Excel 软件,利用 Excel 软件的计算功能自动生成趋势线,并计算出相关系数;在计算各种气象因子与沙尘暴频率的 Spearman 相关分析的时候使用了 SAS 软件。将年沙尘暴日数与年降水量、冬季降水量(上年 11 月至当年 2 月)、春季降水量(3 月~5 月)、年均温、冬季均温(上年 11 月至当年 2 月)、春季均温(3 月~5 月)和年大风日数(指平均风速 $> 17\text{m/s}$ 的日数)进行 Spearman 秩相关分析,检验它们之间的相关性,找出各气象因素与沙尘暴发生次数、强度等的关系。

2 阿拉善地区沙尘暴主要影响因素分析

2.1 沙尘暴与大风的关系

大风是指瞬间风速 $\geq 17.2\text{m/s}$ (8 级) 的风。阿拉善地区受冷空气入侵影响,大风日数较多,是全国

著名的大风区之一^[2]。

2.1.1 大风日数变化趋势 9 个气象站自建站至 2004 年大风日数的均呈下降趋势。额济纳、阿右旗、头道湖、吉兰太和中泉子大风日数均呈显著的下降趋势,其中,额济纳站大风日数在近几十年呈急剧下降趋势。拐子湖和巴彦浩特站点大风日数近几十年略有下降,锡林高勒和诺尔公两个站点大风日数没有显著上升或下降。

2.1.2 阿拉善地区沙尘暴与大风日数的关系 图 2 是根据拐子湖等 9 个气象站点 1961 年~2004 年大风日数逐年统计资料求均值绘制的阿拉善地区近 44a 大风日数与沙尘暴变化曲线。阿拉善地区大风变化趋势与沙尘暴变化趋势较一致,阿拉善地区的大风日数自 20 世纪 60 年代到 70 年代略有增加,沙尘暴日数也呈增加趋势;70 年代、80 年代到 90 年代大风呈现减少趋势,其中 90 年代的递减程度最为剧烈,80 年代的递减程度次之,相应沙尘暴变化趋势也呈现减少趋势。2001 年以后大风日数略有增加,其沙尘暴日数也略有增加。

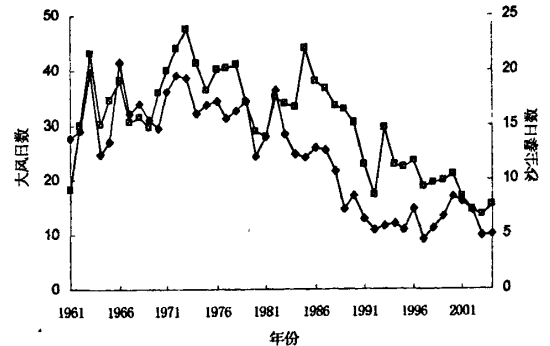


图 2 阿拉善盟近 44a 大风与沙尘暴年际变化曲线

Fig 2. Dynamics of strong wind and sandstorm during the recent 44 years

大风不仅是造成沙尘暴发生的条件之一,而且沙尘暴发生必须要有丰富的沙源配合。表 1 是近 44a 阿拉善盟 9 个代表站大风平均日数和沙尘暴平均日数对照,由表 1 看出,从总体来看,阿拉善地区年平均大风日数多的站点,相应的沙尘暴日数也较多;例如拐子湖年均大风日数最多,为 57d,相应沙尘暴日数也最多为 26.7d;巴彦浩特年均大风日数最少,为 17.13d,沙尘暴日数相应为 7.16d。

表1 近44年阿拉善盟9个代表站大风平均日数和沙尘暴平均日数对照表
Tab 1. Average strong wind and days recorded by of the nine stations during 44 years

代表站	阿右旗	巴彦浩特	额济纳	拐子湖	吉兰太	中泉子	头道湖	诺尔公	锡林高勒
大风日数	49.15	17.13	35.20	57	27.7	16.95	19.56	35.98	34
沙尘暴日数	8.57	7.16	13	26.7	12.27	10	9.33	14.69	9.96

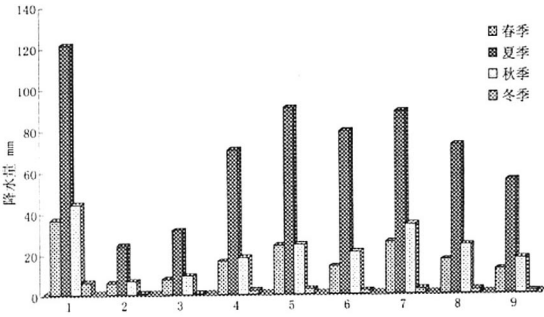
有1个特例是阿右旗大风日数多而沙尘暴日数少。阿右旗大风日数是阿拉善盟9个气象站点中仅次于拐子湖大风日数的站点,大风日数高达49.15d,而年平均沙尘暴日数仅为8.57d,该地区属于沙尘暴易发区,而大风日数同样较多的拐子湖却属于沙尘暴频发区。从阿拉善右旗所处的地理位置和地形条件分析,阿拉善右旗位于河西走廊的东北侧,巴丹吉林沙漠的东南侧。巴丹吉林沙漠东端为东北西南走向的雅布赖山脉,东南角是阿拉善右旗高地,阿拉善右旗高地东北端与雅布赖山对峙,西与北大山相连,并与河西走廊东北侧的龙首山一起组成1个西北东南向的向东开口喇叭状的峡谷带。阿拉善右旗站位于喇叭峡谷带的中部半山腰处,当气流经过喇叭口峡谷时由于“峡谷效应”风速加大,这正是阿拉善右旗大风日数多的主要原因。由于阿拉善右旗站位于阿拉善右旗高地上,地表为裸岩和戈壁,多砾石而少细沙,可以看出缺少沙源是阿拉善右旗虽然大风日数多,沙尘暴日数却较少的重要原因;另外,阿拉善右旗所处的位置海拔较高,受峡谷中产生的局地沙尘暴影响较少,也是沙尘暴发生较少的原因之一。与阿拉善右旗同属于沙尘暴易发区的阿左旗大风日数较少,沙尘暴日数也较少,究其原因,阿拉善左旗东南部有贺兰山,因地形对山体前后的风速有一定阻挡减速作用,使其大风和沙尘暴日数相对较少,如中泉子年均大风日数仅17.7d,巴彦浩特年均大风日数17.0d。

拐子湖在阿拉善盟9个站点中大风日数最多,沙尘暴日数也是最多的,究其原因,拐子湖位于巴丹吉林沙漠北部边缘地带,地表多为沙物质。从地形上分析,拐子湖位于蒙古戈壁阿尔泰山与阿拉善高原间的东西走向的谷地中,谷地在黑河下游较宽阔,向东迅速减小。这些地方为冷空气入侵我国的要道,加上地形产生的峡谷效应,使拐子湖大风日数多,加之有丰富沙源配合和干燥地表产生的热力不稳定,使其沙尘暴发生日数多达26.7d,成为内蒙古西部沙尘暴的发生中心。

额济纳旗位于巴丹吉林沙漠的西北侧、黑河下游额济纳旗绿洲内,沙源较少,地表植被覆盖度较高,植被对大风和沙尘暴的发生均有很好的抑制作用,因此,额济纳旗大风和沙尘暴发生日数较拐子湖明显减少。

2.2 沙尘暴与降水的关系

2.2.1 阿拉善地区降水特征 阿拉善地区是我国年降水量最少的地区之一,也是北半球同纬度降水最少的地区^[3]。图3是利用阿拉善盟9个气象站点1961年~2004年逐月降水量做出的各站点降水量四季分布图。由图可以看出:阿拉善地区的年内降水分配不均,夏秋季多,冬春季少,空间上总体呈东南部多、西北部少的特点。最大降水量出现在贺兰山附近的巴彦浩特,年平均降水量为211.12mm,而最小降水量出现在额济纳的沙漠区,年平均降水量为35.56mm。



1. 巴彦浩特 2. 额济纳 3. 拐子湖 4. 吉兰太 5. 锡林高勒 6. 诺尔公 7. 头道湖 8. 阿右旗 9. 中泉子

图3 阿拉善盟各站点降水量四季分布图

Fig 3. Seasonal distribution of precipitation at the nine stations

2.2.2 沙尘暴与降水的关系

2.2.2.1 阿拉善地区沙尘暴与降水量年际变化关系 利用阿拉善盟9个站点1961年~2004年降水量资料和沙尘暴发生次数统计资料,分别计算出历年降水距平百分率和历年沙尘暴发生平均次数。图4显示了阿拉善地区沙尘暴与降水量距平百分率年际变化关系。20世纪60年代年平均降水量的年际变化较大,整体呈现下降的趋势,沙尘暴平均日数也较多,而且沙尘暴年际变化率较大。表现出降水多,沙尘暴少,两者成反比关系,1965年、1966年和1967年较为干旱,上述时期沙尘暴发生平均日数也较多,为16.7d。70年代降水变化幅度比60年代略小,但各年降水距平百分率负值较多,降水量平均值低于60年代,故表现出沙尘暴的发生频率高于60年代。80年代的降水变化幅度大于60年代和70年代,总体呈现增加的趋势,沙尘暴的发生频率明显低于60年代和70年代,变化幅度相对较平稳。90年代降水变化呈现总体增长的趋势,沙尘暴发生平均日数也是5个年代中最少的。尤其是1995年、1996年、

1997 年和 1998 年降水量在 44a 中相对较多的年份,其降水距平率分别为 23.18%、21.6%、22%、23.68%和29.96%,其沙尘暴发生平均日数分别为 5.5d、7.38d、4.6d 和 5.6d,比 44a 沙尘暴平均日数大约少 56%。2001 年以后降水出现下降趋势,但降水量也高于多年平均值,同期沙尘暴平均日数出现在减少中小幅回升的态势。2004 年降水量明显增加,其降水距平百分率为 29.96%,沙尘暴日数相对较少只有 5d。近 44a 阿拉善地区存在明显的干旱期和湿润期:1961 年~1987 年是相对干旱期,在这 27a 中,沙尘暴平均发生日数为:15.68d,1988 年~2004 年是湿润期,在这 17a 中沙尘暴平均发生日数只有 6.7d。上述分析表明,阿拉善地区多年平均降水量与沙尘暴发生日数呈现负相关关系。

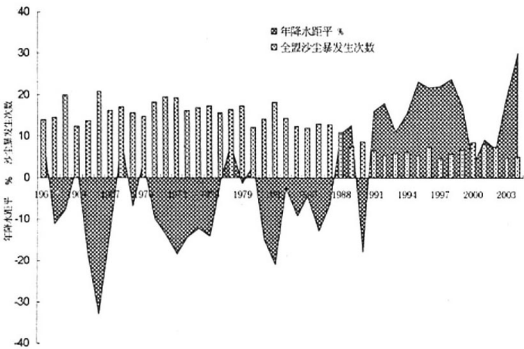


图 4 阿拉善地区沙尘暴与年降水量距平百分率年际变化
Fig 4. Changes of percentage of sandstorm and perception to average

2.2.2.2 阿拉善地区沙尘暴与降水量月际变化关系 图 5 给出了 1961 年~2004 年阿拉善地区沙尘暴频率与降水频率月际变化关系,根据对整个阿拉善地区 9 个气象站,44a 沙尘暴冬春季(从头年 11 月~当年 4 月)降水量和夏秋(6 月~9 月)降水量平均值统计计算可知,整个阿拉善地区的冬春季降水量平均不足 9.69mm,只占全年降水量的 17.23%,尤以 1 月份降水量最少,仅有 0.54mm;夏秋的降水量相对较多,6 月~9 月份的降水量占全年降水量的 74.9%,主要集中在 7 月和 8 月,44a 的月平均降水量分别是 27.2mm 和 29.7mm,整个阿拉善地区 44a

年平均降水量为 112.56mm。从图 5 可以看出:沙尘暴发生频率的月际变化与月平均降水量基本上呈反相位关系,冬春降水少,沙尘暴发生频率高,夏秋降水相对较多,沙尘暴发生频率低。

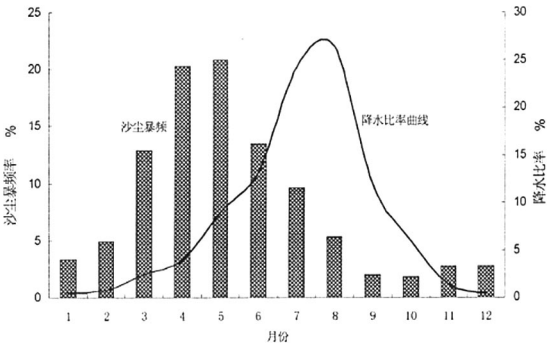


图 5 1961 年~2004 年阿拉善地区沙尘暴频率与降水频率月际变化
Fig 5. Sandstorm frequency and monthly changes of perception of Alashan region during 1961~2004

2.2.2.3 阿拉善地区沙尘暴空间分布和降水量关系 表 2 给出了近 44a 阿拉善盟 9 个代表站沙尘暴平均日数和降水量平均值。由表 6 可以看出,降水量偏少的站点沙尘暴平均日数偏多,降水量较多的站点沙尘暴发生次数相对较少。在阿拉善地区,年降水量大于 100 mm 小于 200 mm 的区域为沙尘暴的易发区,年降水量少于 100 mm 的区域为沙尘暴的多发区,年降水量少于 50 mm 的地方为沙尘暴频发区。例如拐子湖多年平均降水量只有 51.99mm,沙尘暴次数为全盟之最,属于沙尘暴频发区,巴彦浩特多年平均降水量最多,为 211.12 mm,多年平均沙尘暴次数最少,其他站点的对应关系也较好。需要说明的是额济纳降水量是全盟最少的区域只有 35.56 mm,但是沙尘暴平均日数较少,属沙尘暴多发区而不是沙尘暴频发区。究其原因,额济纳旗位于巴丹吉林沙漠的西北侧、黑河下游额济纳绿洲,沙源较少,地表植被覆盖度较高,植被对大风和沙尘暴的发生均有很好的抑制作用,因此,额济纳旗大风和沙尘暴发生日数较拐子湖明显减少。

表 2 近 44 年阿拉善盟 9 个代表站沙尘暴平均日数和降水量平均值对照表平均日数对照表
Tab 2. Average sandstorm days and precipitation at the nine stations in Alashan region during recent 44 years

代表站	阿右旗	巴彦浩特	额济纳	拐子湖	吉兰太	中泉子	头道湖	诺尔公	锡林高勒
降水量平均值(mm)	114.7	211.12	35.56	51.99	106.18	85.34	150.22	115.06	142.9
沙尘暴日数(d)	8.57	7.16	13	26.7	12.27	10	9.33	14.69	9.96

2.3 沙尘暴与气温的关系

2.3.1 阿拉善地区沙尘暴与温度年际变化关系

图6是1961年~2004年阿拉善地区沙尘暴频率与年平均温度距平百分率年际变化的关系,它们的变化趋势呈负相关关系。从长期气候的代际变化趋势看,沙尘暴发生频率从60年代到90年代出现持续下降趋势,气温则大致呈明显持续上升趋势。

阿拉善地区近44a各月气温平均值与各月沙尘暴发生频率见图7。1a中,在春季气温回升期,沙尘暴发生频率高。随着夏季的来临,气温达到1a中的高温期,沙尘暴发生频率低。究其原因:从春季到夏季,降水增加,大风天气减少,植被覆盖,裸露地表面积减少,地表有一定湿度,在此期间,较大范围的沙

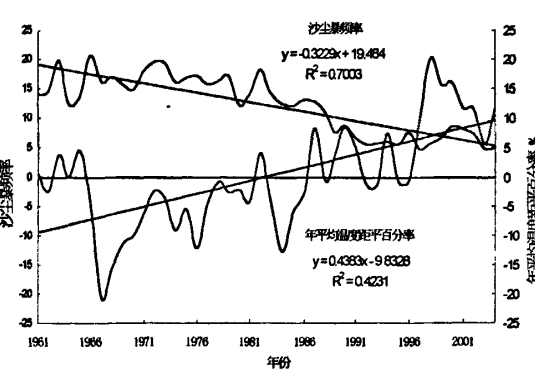


图6 阿拉善沙尘暴频率与年平均温度距平百分率年际变化
Fig 6. Yearly changes of sandstorm and average temperature to average in Alashan region

尘暴发生机率较低。

2.3.2 阿拉善地区沙尘暴空间分布和气温的关系

利用阿拉善盟9个站点近44a气温基本资料,计算出各站点近44a1月均温、7月均温和全年平均温度,如表3所示。

诺尔公全年平均温度为6.90℃,明显低于其他站点全年平均温度,除了诺尔公之外,大部分站点全年均温在8.09℃~9.22℃范围内,相差不大。拐子湖、额济纳、诺尔公1月平均气温在-11.85℃~-11.00℃,明显低于其它站点,阿右旗等6个站点1月平均气温在-9.95℃~-8.30℃。拐子湖、额济纳、中泉子和吉兰太7月平均温度明显高于其它站点。

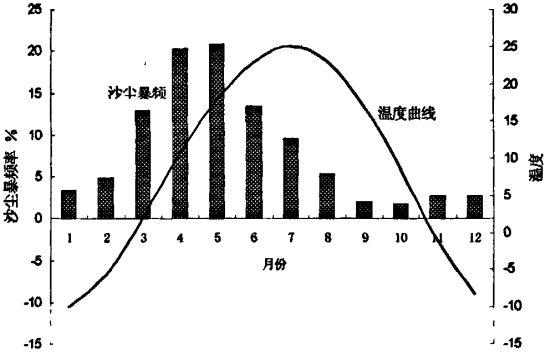


图7 阿拉善地区沙尘暴频率与年均温度月际变化
Fig 7. Monthly changes of sandstorm frequency and year average temperature in Alashan region

表3 近44年阿拉善盟9个站点1月均温、7月均温、年均温及沙尘暴日数对照表
Tab 3. Avarage temperature of January, July, yearly and sandstorm days at the nine stations

代表站	阿右旗	巴彦浩特	额济纳	拐子湖	吉兰太	中泉子	头道湖	诺尔公	锡林高勒
1月均温℃	- 8.30	- 8.60	- 11.30	- 11.00	- 9.80	- 8.94	- 9.65	- 11.85	
7月均温℃	24.04	22.90	26.75	27.40	25.70	25.59	23.90	23.95	24.86
全年平均温度℃	8.71	8.09	8.76	9.22	8.99	9.22	8.28	6.90	8.44
平均沙尘暴日数	8.57	7.16	13.00	26.70	12.27	10.00	9.33	14.69	9.96

将以上分析结果与沙尘暴发生情况对比可以得到以下结论:1月均温相对低、7月均温相对高的拐子湖、额济纳、吉兰太、中泉子和诺尔公等站点均属于沙尘暴频发区和沙尘暴多发区。尤其拐子湖该特征最为显著,其1月均温是阿拉善盟所有站点中最低的,而7月均温是最高的。陈玉福等(2001)提出:“气温与沙尘暴的发生存在明显的正反两种关系,从气温对地面沙尘源的影响作用看,夏季升温会增加土壤水分的蒸发散失,造成更加干燥的地表,到了冬

春季节有利于沙尘暴的形成;而从沙尘暴发生的天气特征来看,由于沙尘暴发生多伴随冷空气活动,春季温度低也成为沙尘暴产生的有利条件”[4]。阿拉善盟各站点气温与沙尘暴发生频率的关系,与上述观点一致。

2.4 相关分析

表4是利用阿拉善盟9个气象站1961年~2004年沙尘暴日数、大风日数、年均温、冬季均温、春季均温、年降水量、冬季降水量和春季降水量等数据,通

过 SAS 软件进行 Sperman 相关性分析的结果。

由表 4 可知,与沙尘暴发生日数相关性最强的是大风日数,除了吉兰太沙尘暴日数与大风日数呈负相关之外,其它站点沙尘暴日数均与大风日数呈正相关。巴彦浩特和头道湖沙尘暴日数与大风日数呈极显著正相关,相关系数分别为 0.601 和 0.687,拐子湖、诺尔公、额济纳旗等 3 个台站的沙尘暴日数与大风日数呈显著的正相关,相关系数分别为 0.507、0.532 和 0.458。阿拉善地区大风日数变化趋势与沙尘暴变化趋势一致,从阿拉善盟这 9 个气象站近 44a 的沙尘暴变化情况看,该区沙尘暴没有增加的趋势,多数站点呈下降趋势,这与全国大部分地区同期的变化趋势是相似的^[5]。这种下降趋势可能得益于该区大风日数的显著性减少,如沙尘暴日数显著减少的额济纳、吉兰太、阿右旗、中泉子、头道湖等站的起大风日数都有极显著的减少,近 44a 大风和沙尘暴日数变化曲线一致。

沙尘暴与年降水量呈显著负相关,阿右旗、巴彦浩特和拐子湖沙尘暴日数与年降水量呈极显著的负相关关系,相关系数分别为 0.678、0.693、0.658,锡

林高勒沙尘暴日数与年降水量有显著的负相关关系,相关系数为 0.298,其余站点与年降水量无显著相关关系。阿拉善盟所有站点沙尘暴日数与冬季降水量、春季降水量的相关性呈负相关,但相关性不显著,没有通过检验。气温与沙尘暴发生日数相关性最弱,阿右旗、诺尔公、头道湖等 3 个站点沙尘暴日数与年均温呈显著负相关,相关系数分别为 0.319、0.527、0.287,额济纳、吉兰太和中泉子等 3 个站点呈负相关,但相关性不显著,没有通过检验,拐子湖、巴彦浩特、锡林高勒等 3 个站点沙尘暴日数与年均温呈正相关,但相关性不显著,没有通过检验。额济纳和拐子湖沙尘暴日数与冬季均温呈显著负相关,相关系数分别为 0.377 和 0.323,其它站点沙尘暴日数与冬季均温相关性不显著。诺尔公等 6 个站点与春季均温呈负相关,但相关性不显著,拐子湖等 3 个站点沙尘暴日数与春季均温呈正相关,但无论是呈正相关关系的站点还是呈负相关关系的站点均没有通过检验,因此沙尘暴日数与春季均温无显著相关性。

表 4 阿拉善盟 9 个站点年沙尘暴日数同大风、气温和降水的 Spearman 相关分析

Tab 4. Correlation analyses of sandstorm days and strong wind days, temperature and precipitation at the nine stations in Alashan region

站点	大风日数/d	年均温 / 0c	冬季均温 / 0c	春季均温 / 0c	年降水量 /mm	冬季降水量 /mm	春季降水量 /mm
阿右旗	0.213	-0.319 ^{2*}	-0.190	0.010	-0.678 ^{1*}	-0.116	-0.203
巴彦浩特	0.601 ^{1*}	0.144	-0.230	-0.106	-0.693 ^{1*}	-0.155	-0.127
额济纳旗	0.458 ^{1*}	-0.160	-0.377 ^{2*}	-0.112	0.082	0.126	-0.061
拐子湖	0.507 ^{1*}	0.155	-0.323 ^{2*}	0.118	-0.658 ^{1*}	-0.127	-0.201
吉兰太	-0.121	-0.048	0.164	-0.054	-0.227	-0.152	-0.182
诺尔公	0.532 ^{1*}	-0.527 ^{1*}	-0.189	-0.201	-0.164	-0.016	-0.128
头道湖	0.687 ^{1*}	-0.287 ^{2*}	0.222	0.031	-0.112	0.028	-0.142
锡林高勒	0.225	0.125	-0.270	-0.192	-0.298 ^{2*}	-0.149	-0.031
中泉子	0.223	-0.027	0.109	-0.091	-0.221	-0.051	-0.128

注:1* 代表统计学极显著水平($p < 0.01$) 2* 代表统计学显著水平($p < 0.05$)

3 结论

3.1 阿拉善地区沙尘暴的发生及其时空分布特征与大风日数、降水和气温有密切关系,其中大风日数与沙尘暴呈极显著正相关,降水与沙尘暴呈显著负相关,而气温则与沙尘暴相关性不显著。

3.2 大风日数与沙尘暴日数具有很大的相关性,是产生沙尘暴的直接动力因素,而气温和降水是沙尘暴产生的背景因素,它们对沙尘暴的影响是间接的。

3.3 受大风日数、降水和气温等气候因素影响,阿拉善地区沙尘暴发生次数自 20 世纪 60 年代到 70 年代呈增加趋势;70 年代到 90 年代沙尘暴呈现减少趋势;2001 年以后沙尘暴日数略有增加。

参 考 文 献:

- [1] 周建秀,杨海.阿拉善地区沙尘暴的统计分析和发生规律及防治对策[J].内蒙古环境保护,2002,14(1):26-30.
- [2] 安月改,刘学锋.京津冀区域沙尘暴气候变化特征分析[J].环境科学研究,2003,17(3):21-24.
- [3] 倾继祖,刘亚平.利用极轨气象卫星资料分析 5.5 黑风暴[J].遥感技术与应用,1994,9(1):48-51.
- [4] 张培忠,陈光明.影响中国寒潮冷高压的统计研究[J].气象学报,1997,57(4):34-38.
- [5] 方宗义,朱福康.中国沙尘暴研究[M].气象出版社,北京:1997.