

乌兰布和沙漠东北缘防护林体系建设对风沙灾害性天气影响的数量化研究

郝玉光^{1,2} 丁国栋¹ 张景波² 曹锦华³ 周建中³

(1. 北京林业大学水土保持学院 100083 北京 ;2. 中国林业科学院沙漠林业实验中心 ;
3. 内蒙古磴口县林业局 015200 ,内蒙古磴口)

摘要 在收集整理磴口县 1970—2000 年风沙天气资料和 1977—2000 年防护林建设相关资料的基础上 ,按照“三北”防护林工程建设的年限划分标准 ,将上述 31 年风沙天气资料划分为 4 个阶段 ,分别为建设工程前 8 年、一期工程 8 年、二期工程 10 年和三期工程 5 年。对不同阶段的风沙天气资料进行方差分析和 F 检验 ,证明 4 个阶段的数据有极显著的差异 ,对扬沙日数和沙尘暴日数与大风日数比值的分析 ,充分显示出乌兰布和沙漠东北缘 4 个阶段防护林体系生态防护作用存在着较大的差异 ,说明整体防护功能在不断提高。回归分析表明 ,风沙天气指标(年均大风日数、扬沙日数和沙尘暴日数) 与防护林指标(防护林面积、防护林林木蓄积量) 存在着显著的线性关系。

关键词 沙漠 ;风沙天气 ;防护林 ;乌兰布和

乌兰布和沙漠东北缘所在的磴口县 ,位于华北和西北的接合部 ,属于干旱荒漠的前沿地带。该地区东临黄河 ,三面环沙 ,风沙危害十分严重。为了减轻和遏制风沙危害 ,磴口县在乌兰布和沙漠东北缘营造防风阻沙林带。 1951—1958 年 ,从磴口县三盛公到四坝乡 ,营造起一条长 154 km ,宽 50 余 m ,面积近 4 500 hm² 的防沙林带和 0.5 万 hm² 的封沙育草区 ,保护了 3 400 hm² 农田 ,初步抵御了风沙危害。继而又经多年的林业建设 ,特别是“三北”防护林工程建设 ,营造了大面积的防护林。区域内一个以防护林为主体 ,由各林种组成的防护体系已初具规模 ,不仅减轻了风沙和沙尘暴对农田的影响 ,也改善了区域小气候。风沙灾害性天气得到了有效的控制 ,并且在沙漠的东北缘建成了大面积的人工绿洲。西北地区实践^[1]证明 ,绿洲地区营造农田防护林网和周边大型防风阻沙林带 ,对于削弱和遏制沙尘暴 ,特别是强沙尘暴对绿洲的危害具有显著作用。

1 区域环境特点

乌兰布和沙区地处中纬度内陆 ,全年为西风环流控制^[2] ,而季风环流的影响则视季节变化而变化 ,大风常由强冷锋过境引起。

磴口县属温带典型大陆性气候区 ,干旱少雨 ,年

均降水量 142.7 mm ,温度年(日) 变幅差异很大 ,风势强烈 ,大风频繁 ,上源裸露的沙尘物质丰富 ,极易形成恶劣的风沙天气。沙漠天然植被由东向西逐渐变稀 ,以旱生、超旱生小灌木半灌木为主 ,绿洲外围及内部以人工植被为主 ,形成比较完整的防护体系 ,发展灌溉农业 ,全区以牧业为主。

2 研究方法

选年均大风日数、扬沙日数和沙尘暴日数 3 项指标(数据来源于磴口县 1970—2000 年的气象统计资料) ,按“三北”防护林每期工程建设划分年限 ,分为 4 个阶段(表 1) ,利用组内观察值数目不等的单向分组资料的方差分析方法^[3] ,分别对年大风日数、年沙尘暴日数和扬沙日数在“三北”防护林建设工程前后 4 个阶段的数据资料进行方差分析和 F 检验。

针对防护林体系对风沙天气形成的制约关系 ,选取“防护林面积”作为其反映防护林建设规模数量的指标 ,选取“防护林林木蓄积量”作为反映防护林质量的指标 ,这 2 项指标的数据来自磴口县森林资源清查核实档案资料(表 1)。利用多元回归程序^[4]进行微机处理 ,分别以 3 项风沙天气指标为因变量 ,建立与 2 个防护林指标为自变量的回归方程 ,并按 F 检验的要求^[3] ,进行回归相关显著性检验。

表 1 磬口县防护林指标值与风沙天气指标值

Tab. 1 The indexes of shelter-forest and Sand-wind Weather in Denkou county

| 阶段划分 | 年份 | 防护林面积(X_1) | 林木蓄积量(X_2) | 大风日数(Y_1) | 沙尘暴日数(Y_2) | 扬沙日数(Y_3) |
|-----------------------|------|---------------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|
| | | 100 km ² | 10 m ³ | d | d | d |
| 第 1 阶段(“三北”防护林工程建设前期) | 1970 | | 16 | 8 | 53 | |
| | 1971 | | 7 | 21 | 61 | |
| | 1972 | | 8 | 30 | 73 | |
| | 1973 | | 19 | 55 | 48 | |
| | 1974 | | 10 | 26 | 48 | |
| | 1975 | | 17 | 14 | 47 | |
| | 1976 | | 19 | 14 | 62 | |
| | 1977 | 0.242 | 13.1 | 22 | 16 | 53 |
| 第 2 阶段(“三北”防护林一期工程) | 平均值 | | | 15 | 23 | 56 |
| | 1978 | 0.2766 | 15.5 | 23 | 11 | 65 |
| | 1979 | 0.3112 | 17.9 | 33 | 11 | 58 |
| | 1980 | 0.3458 | 20.3 | 20 | 11 | 46 |
| | 1981 | 0.3804 | 22.7 | 23 | 14 | 55 |
| | 1982 | 0.4150 | 25.1 | 19 | 17 | 46 |
| | 1983 | 0.4496 | 27.5 | 26 | 14 | 36 |
| | 1984 | 0.4842 | 29.9 | 20 | 22 | 29 |
| 第 3 阶段(“三北”防护林二期工程) | 1985 | 0.5189 | 32.1 | 11 | 8 | 40 |
| | 平均值 | | | 22 | 14 | 47 |
| | 1986 | 0.5535 | 24.6 | 8 | 4 | 30 |
| | 1987 | 0.5881 | 37.1 | 19 | 17 | 34 |
| | 1988 | 0.6277 | 39.6 | 15 | 16 | 16 |
| | 1989 | 0.6573 | 42.1 | 8 | 4 | 19 |
| | 1990 | 0.6919 | 44.6 | 16 | 7 | 15 |
| | 1991 | 0.7265 | 47.1 | 12 | 3 | 12 |
| 第 4 阶段(“三北”防护林三期工程) | 1992 | 0.7611 | 48.6 | 5 | 3 | 11 |
| | 1993 | 0.7957 | 51.1 | 9 | 5 | 9 |
| | 1994 | 0.8633 | 57.2 | 8 | 1 | 10 |
| | 1995 | 0.9389 | 63.4 | 7 | 5 | 11 |
| | 平均值 | | | 11 | 7 | 17 |
| | 1996 | 1.2484 | 69.5 | 9 | 2 | 12 |
| | 1997 | 1.3280 | 75.4 | 1 | 0 | 2 |
| | 1998 | 1.4171 | 82.5 | 3 | 1 | 5 |
| 平均值 | 1999 | 1.5188 | 90.6 | 4 | 0 | 8 |
| | 2000 | 1.6558 | 104.6 | 3 | 0 | 10 |
| | 平均值 | | 4 | 1 | 7 | |

3 结果与分析

3.1 风沙天气资料的阶段性差异分析

利用组内观察值数目不等的单向分组资料的方差分析方法^[3], 分别对年大风日数、年沙尘暴日数和扬沙日数在“三北”防护林建设工程前后 4 个阶段的数据资料进行方差分析和 F 检验(表 2、表 3 和表 4), 表明“三北”防护林工程建设前后的 4 个阶段, 风沙天气资料有极显著差异, 说明乌兰布和沙漠东北缘磴口县风沙天气随着“三北”防护林工程建设, 风沙灾害性天气有显著的改善, 并在工程建设前后具有质的改变。

沙灾害性天气有显著的改善, 并在工程建设前后具有质的改变。

表 2 不同阶段大风日数方差分析与 F 检验

Tab. 2 The variance analyzing and F test of the annual strong wind days in different periods

| 变差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | 均方比 F | F _{0.01} |
|-------|-----|----------|--------|---------|-------------------|
| 阶段类型间 | 3 | 1 103.21 | 367.74 | 13.71** | 4.60 |
| 误差 | 27 | 724.48 | 26.83 | | |
| 总变异 | 30 | 1 827.68 | | | |

表3 不同阶段沙尘暴日数方差分析与F检验

Tab.3 The variance analyzing and F test of the annual dust storm days in different periods

| 变差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | 均方比 F | F _{0.01} |
|-------|-----|----------|--------|--------------------|-------------------|
| 阶段类型间 | 3 | 2 404.75 | 801.58 | 9.51 ^{**} | 4.60 |
| 误差 | 27 | 2 275.80 | 84.29 | | |
| 总变异 | 30 | 4 680.55 | | | |

表4 不同阶段扬沙日数方差分析与F检验

Tab.4 The variance analyzing and F test of the annual elevating sand days in different periods

| 变差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | 均方比 F | F _{0.01} |
|-------|-----|-----------|----------|---------------------|-------------------|
| 阶段类型间 | 3 | 12 163.47 | 4 054.49 | 63.44 ^{**} | 4.60 |
| 误差 | 27 | 1 725.50 | 63.91 | | |
| 总变异 | 30 | 13 888.97 | | | |

3.2 风沙灾害性天气与防护林体系的关系

乌兰布和沙漠东北缘风沙天气,在“三北”防护林工程建设前后的4个阶段,数据资料的方差分析和F检验结果有极显著差异,其实际危害从总体上处于明显的下降趋势。这种变化与期间的“三北”防护林工程建设之间的相关关系,可通过建立灾害性风沙天气指标与防护林指标之间回归关系得以表达,结果见表5。由表5中的相关关系可知,风沙天气年均发生日数与防护林因子呈线性相关。大风日数和扬沙日数分别与防护林因子相关关系紧密,复相关系数高达0.8以上,而沙尘暴日数与防护林因子的相关系数也在0.7以上,说明有一定的相关性。对3项风沙天气指标与防护林因子相关关系,按照回归显著性检验要求进行F检验^[5],方差分析和均方比F值的结果见表6、表7和表8。

表5 风沙天气指标与防护林指标的相关关系

Tab.5 The correlation relationship between the sand-wind Weather indexes and shelter-forest indexes

| 天气类型 | 相关关系 | 复相关系数 |
|------|--|--------|
| 大风 | $Y_1 = 25.9916 - 12.9543X_1 - 0.064X_2$ | 0.8128 |
| 扬沙 | $Y_2 = 54.6949 + 28.8164X_1 + 1.1029X_2$ | 0.8303 |
| 沙尘暴 | $Y_3 = 16.9836 - 15.1238X_1 + 0.0495X_2$ | 0.7521 |

表6 大风日数回归方程显著性检验

Tab.6 The significant character test of the strong wind days regression equation

| 变差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | 均方比 F |
|------|-----|-------|---------|-------|
| 回归 | 2 | 550 | 275 | |
| 剩余 | 22 | 1 020 | 46.3634 | 5.93 |
| 总和 | 24 | | | |

万方数据

表7 扬沙日数回归方程显著性检验

Tab.7 The significant character test of the elevating sand days regression equation

| 变差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | 均方比 F |
|------|-----|-------|---------|-------|
| 回归 | 2 | 440 | 220 | |
| 剩余 | 22 | 662 | 30.0909 | 7.31 |
| 总和 | 24 | | | |

表8 沙尘暴日数回归方程显著性检验

Tab.8 The significant character test of the dust storm days regression equation

| 变差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | 均方比 F |
|------|-----|-------|----------|-------|
| 回归 | 2 | 2 179 | 1 089.5 | |
| 剩余 | 22 | 5 575 | 253.4091 | 4.30 |
| 总和 | 24 | | | |

由表6可知: $F_{\alpha} = 5.93 > F_{0.01(2/22)} = 5.72$,说明大风日数与防护林指标的回归关系极显著;同样,由表7可知: $F_{\alpha} = 7.31 > F_{0.01(2/22)} = 5.72$,说明扬沙日数与防护林因子的回归关系极显著;由表8可知: $F_{\alpha} = 4.30 > F_{0.05(2/14)} = 3.44$,说明年沙尘暴日数与防护林指标也有显著的相关关系。风沙指标与防护林指标呈现显著的线性相关,反映了风沙天气与防护林具有一定内在联系,表明防护林体系的工程建设对风沙天气具有显著抑制作用。

3.3 风沙灾害天气的阶段性变化

以“三北”防护林建设工程前8年风沙天气指标的平均数为基准,其他各阶段风沙天气指标的平均数与基准值的比较值见表9。由此看出,大风日数、沙尘暴日数和扬沙日数,在不同阶段有显著降低的趋势,磴口县在“三北”防护林建设各阶段的风沙天气明显减少,充分显示了防护林体系改善风沙灾害的有效作用。

表9 风沙天气阶段平均值变化状况

Tab.9 The average value change of sand-wind weather in different periods

| 年份 | 大风日数 | 沙尘暴日数 | 扬沙日数 |
|-----------|------|-------|------|
| 1970—1977 | 15 | 23 | 57 |
| 比值 | 1 | 1 | 1 |
| 1978—1985 | 22 | 14 | 47 |
| 比值 | 1.5 | 0.6 | 0.8 |
| 1985—1995 | 11 | 7 | 17 |
| 比值 | 0.7 | 0.3 | 0.3 |
| 1996—2000 | 4 | 1 | 7 |
| 比值 | 0.3 | 0.04 | 0.12 |

3.3 大风与扬沙及沙尘暴天气的关系

大风是产生扬沙和沙尘暴的动力条件,每年

4—5月是磴口县风沙灾害的主要活动期。这个时节,植被稀少,沙漠和裸露的地表升温快,极易形成不稳定的大气层结,产生扬沙天气和沙尘暴天气;因此,扬沙日数或沙尘暴日数与同一阶段大风日数的比值,一定程度上可以反映大风演变成扬沙或沙尘暴的程度。在“三北”防护林工程建设前后的4个阶段,扬沙日数或沙尘暴日数与同一阶段大风日数的比值,存在明显差距(表10)。

由表10可知,工程建设前扬沙日数与同一阶段大风日数的比值为3.8:1,一期工程仅为2.1:1,二期工程降为1.5:1,大风演化为扬沙的程度呈急剧的下降趋势,这表明了随着“三北”防护林工程建设,

乌兰布和沙漠东北边缘的防护林体系日趋完善,防护功能明显提高,有效地抑制了扬沙和沙尘暴。

大风演化为沙尘暴的程度,虽呈现出与扬沙相同的趋势,但却有本质的不同。“三北”防护林工程建设前,沙尘暴日数与同一阶段大风日数的比值为1.5:1,转化率大于1:1,说明这一时期大风极易形成沙尘暴,防护林防护功能很不完善,不能有效地抑制沙尘暴产生。而在“三北”防护林一期工程、二期工程和三期工程期间,沙尘暴日数与同一阶段大风日数的比值小于1:1,分别为0.6:1、0.6:1和0.3:1,表明防护林体系的生态保障作用产生了质的变化,具有良好的防护功能,有效地抑制了沙尘暴的形成。

4 参考文献

- 夏训诚,杨根生.中国西北地区沙尘暴灾害及防治.北京:中国环境出版社,1996
- 王文辉.内蒙古气候.北京:气象出版社,1990
- 盖钧镒.试验统计方法.北京:中国农业出版社,1985
- 郎奎健,唐守正.IBMPC 系列程序集.北京:中国林业出版社,1989
- 北京林学院.数理统计.北京:中国林业出版社,1980

表10 风沙天气阶段平均值及大风风沙天气比值

Tab.10 The periodic average value of sand-wind weather and the ratio of strong wind days

| 年份 | 大风日数 | 沙尘暴日数 | 扬沙日数 |
|-----------|------|-------|------|
| 1970—1977 | 15 | 23 | 57 |
| 比值 | 1 | 1.5 | 3.8 |
| 1978—1985 | 22 | 14 | 47 |
| 比值 | 1 | 0.6 | 2.1 |
| 1985—1995 | 11 | 7 | 17 |
| 比值 | 1 | 0.6 | 1.5 |
| 1996—2000 | 4 | 1 | 7 |
| 比值 | 1 | 0.3 | 1.8 |

Study on the Quantitative Relationship Between the Sand-Wind Disastrous Climate and the Construction of the Protecting Forest System on the Northeast Edge of Wulanbuh Desert

Hao Yuguang^{1,2} Ding Guodong¹ Zhang Jingbo² Cao jinghua³ Zhou Jianzhong³

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, 100083, Beijing;

2. The Desert Forest Experimental Center, CAF; 3. Dengkou Forestry Bureau of Inner Mongolia: 015200, Denkou, Inner Mongolia: China)

Abstract The sand-wind weather data from 1970 to 2000 and the protection forest system construction relative of data from 1977 to 2000 of the Dengkou County had been collected. According to the fixed number of years of protection the “Three-North” protecting forest construction, the sand-wind climate data was divided into 4 periods, construction prophase(8 years), the first period(8 years), the second period(10 years) and the third period(5 years). The statistics results of coefficient analysis and F-statistics suggested that the data of different periods had evident differences. Analyzing the ratio of the elevating sand days and the dust storm days with strong wind days, it showed that the 4 periods protection forest system had marked difference in ecological protective effect on the northeast edge of Wulanbuhe Desert, and the total protective function was increasing gradually. The correlation regression showed that they had notable linear correlation relationship between the sand-wind Weather indexes(strong wind days per year, the elevating sand days and the dust storm days) and protection forest indexes(protection forest area, protection forest volume).

Key words desert; sand-wind weather; protecting forest; Wulanbuhe