

1960~2019年新疆达坂城风区风蚀气候侵蚀力变化特征

成 鹏¹, 成文杰², 赵晓英³, 曹潇明¹, 范旭燕^{4*}

¹乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐

²新疆阿拉山口市气象局, 新疆 阿拉山口

³新疆师范大学命科学学院, 新疆 乌鲁木齐

⁴成都信息工程大学, 四川 成都

Email: cp0051469@163.com, *2498619867@qq.com

收稿日期: 2020年10月26日; 录用日期: 2020年11月11日; 发布日期: 2020年11月18日

摘 要

基于新疆达坂城风区达坂城气象站1960~2019年逐月降水量、平均气温、平均风速和平均相对湿度, 采用联合国粮农组织给出的公式计算新疆达坂城风区风蚀气候因子指数值, 分析达坂城风区风蚀气候侵蚀力基本特征, 结果表明: 1) 达坂城风区风蚀气候因子指数近60年整体上呈显著减少的趋势, 并以 $-54.2 (10a)^{-1}$ 的趋势在较少, 但变化过程呈现为开口向下的抛物线形状, 60年代到70年代初期呈现显著上升的趋势, 70年代初期到80年代中期起伏波动较大, 80年代中后期开始趋于稳定的下降趋势, 历史极高值出现在1979年, 高达601.7, 极小值出现在2019年, 仅为38.9; 2) 风蚀气候因子指数具有明显的月际和季节变化特征, 4~5月最大, 9~10月最小, 春季最大, 冬季次之, 秋季和夏季最小, 四季和年指数线性变化趋势一致; 3) 通过Mann-Kendall检验分析, 风蚀气候因子指数没有发生突变; 4) 影响风蚀气候因子指数的关键气象因子为平均风速, 降水量、平均气温和相对湿度三个因子并不显著。

关键词

风蚀气候侵蚀力, 风蚀气候因子, 达坂城, Mann-Kendall检验

Erosion Climatic Erosivity in the Dabancheng Wind Area during 1960-2019

Peng Cheng¹, Wenjie Cheng², Xiaoying Zhao³, Xiaoming Cao¹, Xuyan Fan^{4*}

¹Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi Xinjiang

²Alashankou Meteorological Bureau of Xinjiang, Alashankou Xinjiang

³College of Life Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi Xinjiang

*通讯作者。

文章引用: 成鹏, 成文杰, 赵晓英, 曹潇明, 范旭燕. 1960~2019 年新疆达坂城风区风蚀气候侵蚀力变化特征[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(6): 692-699. DOI: 10.12677/ccrl.2020.96076

⁴Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: cp0051469@163.com, *2498619867@qq.com

Received: Oct. 26th, 2020; accepted: Nov. 11th, 2020; published: Nov. 18th, 2020

Abstract

Based on the monthly precipitation, mean temperature, mean wind speed and mean relative humidity data at Dabancheng meteorological station in Dabancheng Wind Area, Xinjiang from 1960 to 2019, the wind erosion climatic factor index of Dabancheng Wind Area was calculated using the formula given by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The basic features of wind erosion climatic erosivity were analyzed. The results showed that: 1) Dabancheng wind area wind erosion climatic factor index has significantly decreased in the past 60 years, and the reduction rate is $-54.2 (10a)^{-1}$. However, the process of change presents a downward parabolic shape. It presented a significant upward trend from the 1960s to the early 1970s, greatly fluctuated from the early 1970s to the mid-1980s and then began to decrease in the mid to late 1980s. The historically high value appeared in 1979, reaching 601.7, and the minimum value appeared in 2019, only 38.9; 2) The wind erosion climate factor index has obvious seasonal and inter-monthly changes with the largest value from April to May, the smallest value from September to October. Spring is the largest, followed by winter; autumn and summer are the smallest. Seasonal and annual indexes have the same linear trend; 3) Analysis using Mann-Kendall test method shows that the wind erosion climate factor index has no abrupt change; 4) Mean wind speeds are the main restricting factors of wind erosion climate factor index. The relationship between wind erosion climate factor index, precipitation, mean temperature and relative humidity is not significant.

Keywords

Wind Erosion Climatic Erosivity, Wind Erosion Climatic Factor, Dabancheng, Mann-Kendall Test

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

风蚀气候侵蚀力是潜在风力侵蚀强度的重要表征[1], 是对气候影响风蚀的可能程度的量度, 是土地沙化和农田风蚀评判的重要指标[2] [3] [4], 通常用风蚀气候因子指数表示, 也是广泛应用的风蚀方程 5 组变量之一[2] [5]。风蚀气候因子的计算最早由 Chepil 等提出[2] [6], 公式在干旱地区使用时存在一定的局限性[2]。随后, FAO 等又提出了新的风蚀气候因子指数计算模型, 改进了 Chepil 计算方法中的不足, 该公式一经提出, 就得到了广泛的应用[2] [7]。

近些年来国内学者分别对不同地区的风蚀气候侵蚀力进行了相关的分析研究, 均得出了相应的研究成果。20 世纪 90 年代董玉祥等[8] [9]利用 FAO 公式计算和分析了中国干旱、半干旱区风蚀气候侵蚀力指数。其结论为风蚀气候侵蚀力有明显的季节分布特征, 春季的风蚀气候侵蚀力最强[2]。在风蚀气候侵蚀力较大的地方容易发生风沙危害和农田风蚀现象[2]。风蚀气候侵蚀力主要受风速的制约, 近几十年来, 随着中国风速的减少, 风蚀气候侵蚀力呈减少趋势[10] [11]。方祖光等[9] [10]对福建沿海地区风蚀气候侵蚀力

的基本特征研究得出沿海地区风蚀气候侵蚀力一般发生在冬秋季节, 主要影响因子是风速和降水。王永等[9] [12]和朱丽等[9] [13]分别对阴山北麓地区风蚀气候侵蚀力和土壤侵蚀驱动机制进行分析研究, 得出春季是风蚀气候侵蚀发生的主要季节, 冬春季风力强劲的气候条件是土壤侵蚀的内在驱动力, 风蚀气候侵蚀因子与沙尘暴日数的变化具有较好的对应关系。冯伟等[9] [14]分析西气东输管道施工建设对于干旱荒漠化土壤的影响主要表现为土壤地表的扰动破坏, 容易造成风蚀。何清等[9] [15]通过一次沙尘暴天气过程和野外试验, 得出摩擦速度与风速成正相关, 并影响着风蚀期沙量变化。蒋冲等对黄土高原风蚀和水蚀复合区的风蚀气候侵蚀力分析研究, 表明整体呈现明显的较少趋势。杨兴华等[8]对塔里木盆地风蚀气候侵蚀力分析研究, 结果显示整体呈明显的较少趋势, 主要影响因子是风速。总的来说, 此项工作在中国的开展尚少[8]。

本文利用 FAO 风蚀气候因子指数拟对新疆达坂城风区风蚀气候侵蚀力的变化特征进行分析研究, 阐述风区风蚀气候侵蚀力强度特征、时间分别特征及相关气象要素的关系等变化特征, 为风区生态环境治理、旅游资源开发利用等提供一定的参考。

2. 数据来源和方法

2.1. 研究区概况

研究区位于东西天山的交汇处, 南面的西天山和北面的东天山使风区的地形为一个较大的 U 型谷地, 地理坐标为北纬 $42^{\circ}55'34''\sim 43^{\circ}51'40''$, 东经 $87^{\circ}11'37''\sim 88^{\circ}58'44''$, 面积 4772 平方公里, 平均海拔 2114 米, 最高海拔高达 5412 米, 位于博格达峰周边, 最低海拔约 791 米, 位于 G30 高速公路后沟谷低处, 东和吐鲁番接壤, 东南与托克逊为邻, 西南与乌鲁木齐县为界, 西与天山区相连, 西北与米东区、天池紧挨, 北和阜康、吉木萨尔接壤。

达坂城风区属于中温带大陆性干旱气候, 昼夜温差大, 寒暑变化剧烈, 气候干燥, 降水少, 无霜期短。年平均气温为 6.7°C , 昼夜温差大, 多年平均日较差 13.2°C , 年较差为 32.3°C , 降水量 71.0 毫米, 年平均大风日数 133 天。

2.2. 数据来源

资料来源于乌鲁木齐市达坂城区气象局, 时间序列为 1960 年到 2019 年, 气象要素包括逐月的平均气温、平均风速、降水量和平均相对湿度。

2.3. 计算及分析方法

文中计算方法采用联合国粮农组织提出的风蚀气候因子指数计算公式:

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} \bar{u}^3 \left(\frac{ETP_i - P_i}{ETP_i} \right) d \quad (1)$$

式(1)中 C 为风蚀气候因子指数; $\bar{u}$ 为第 i 月 2 米处的平均风速(m/s); ETP_i 为第 i 月潜在蒸散量, P_i 为第 i 月的降水量, d 为第 i 月的日数。

式(1)中的 $\bar{u}$ 为 2 米处的平均风速, 气象站观测到的风速为 10 米处的平均风速, 其换算公式为:

$$u_2 = u_{10} \frac{4.87}{\ln(6.78 \times 10 - 5.42)} \quad (2)$$

蒸散量 ETP_i 的计算方法较多, 本文中采用程天文等人研究的气温相对湿度公式[2] [7] [8]来计算蒸散量 ETP_i , 其计算公式为:

$$ETP_i = 0.19(20 + T_i)^2(1 - r_i) \quad (3)$$

式(3)中 T_i 为第 i 月的平均气温(单位: $^{\circ}\text{C}$), r_i 为第 i 月的平均相对湿度(单位: %).

文中采用一元线性回归模型和 Mann-Kendall(M-K)检验方法分析风蚀气候因子指数的变化趋势和突变特征, 对公式模型及使用方法不再赘述, 众多文献中均有详细描述[16] [17].

3. 结果与分析

3.1. 风蚀气候因子指数时间变化

3.1.1. 年及年代际变化

图 1 为达坂城风区 1960~2019 年风蚀气候侵蚀力变化情况, 从图中可以看出, 近 60 年风区风蚀气候侵蚀力整体上趋于明显地减少趋势, 减少的趋势为 $-54.19/10\text{a}$, 并通过 $P = 0.001$ 的显著性检验, 1960 年~2019 年风蚀气候侵蚀力指数平均值为 292.6, 最大值出现在 1979 年, 高达 601.7, 比新疆塔里木盆地的最大值 395.5 高出 206.2, 且出现峰值的年份也比塔里木盆地推迟了整整 10 年, 最小值出现在 2019 年, 其值为 38.9. 近 60 年整体上减少的趋势虽然十分显著, 但在不同的年份又表现出较大的波动, 从 1960 年到 1971 年风蚀气候侵蚀指数值呈现快速上升的趋势, 1971 年到 1985 年又表现为剧烈波动的趋势, 1989 年到 1996 年又出现逐年较弱的上升趋势, 1996 年之后的 24 年除 2003 年有较大的增加外, 其余 23 年均呈现显著减小的趋势。

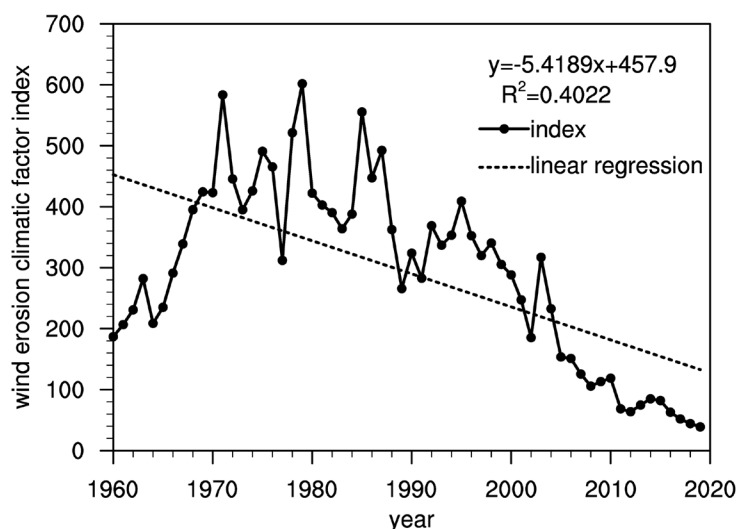


Figure 1. Annual variation trend of wind erosion climate factor index from 1960 to 2019

图 1. 1960~2019 年风蚀气候因子指数变化趋势

表 1 为 1960 年~2019 年各年代风蚀气候因子指数变化趋势和显著性检验表, 从表中可以看出, 20 世纪 60 年代指数变化趋势最大, 倾向率为 $261.4/10\text{a}$, 即 10 年内上升了 261.4, 且通过了置信水平为 0.001 的检验, 70 年代波动较大, 倾向率仅为 $-5.6/10\text{a}$, 呈微弱的较少趋势, 10 年内略减少了 5.61, 并未通过置信水平为 0.05 的检验, 80 年代和 90 年代倾向率分别为 $-83.9/10\text{a}$ 和 $-32.4/10\text{a}$, 减少的趋势相对 70 年代较为明显, 但均未通过置信水平为 0.05 的检验, 21 世纪的 00 年代倾向率为 $-184.3/10\text{a}$, 较少的趋势更加显著, 10 年内指数减少了 -184.3 , 通过置信水平为 0.05 的检验, 21 世纪 10 年代倾向率为 $-40.8/10\text{a}$, 且逐年减少的趋势较为一致, 并通过置信水平为 0.05 的检验。

Table 1. Interdecadal tendency rate and significance test of wind erosion climate factor index
表 1. 各年代指数倾向率及显著性检验

年代	指数倾向率/(10a) ⁻¹	显著性检验/P
20 世纪 60 年代	261.4	0.001***
20 世纪 70 年代	-5.6	0.05
20 世纪 80 年代	-83.9	0.05
20 世纪 90 年代	-32.4	0.05
21 世纪 00 年代	-184.3	0.05***
21 世纪 10 年代	-40.8	0.05***

注：***表示通过该置信水平检验，未标注***者为未通过该置信水平检验。

3.1.2. 月际及季节变化

图 2 为风区风蚀气候因子指数月际变化，从图中可以看出，风蚀气候因子指数 5 月达到峰值，多年均值高达 38.7，4 月份紧随其后，其值为 36.1，12 月和 1 月也保持相对较高的水平，多年均值分别为 30.9 和 29.7，3 月、6 月和 11 月下降较明显，7~10 月下降更加显著，且在 10 月份达到最小值 14.4。

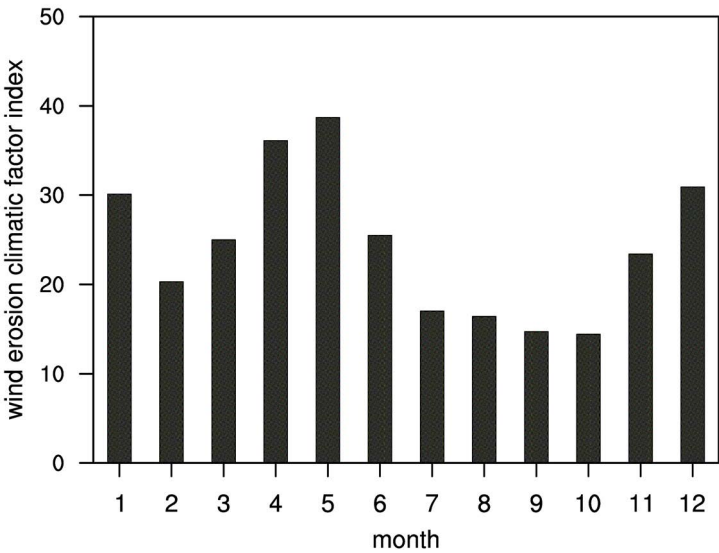


Figure 2. Mean monthly change of wind erosion climate factor index from 1960 to 2019
图 2. 1960~2019 年风蚀气候因子指数平均月际变化

图 3(a)为风蚀气候因子指数季节变化趋势图，从图中看出，春夏秋冬四个季节的风蚀气候因子指数变化趋势非常一致，且峰值出现的时间除夏季有明显的提前外，春秋冬三个季节峰值出现的时间均比较吻合，夏季峰值时间为 1971 年，春季和秋季均出现在 1979 年，冬季出现在 1978 年，风蚀气候因子指数峰值大小依次为春季、冬季、夏季和秋季，其峰值大小分别为 227.9、224.6、154.5 和 120.1。1960 年~2019 年四个季节的风蚀气候因子指数最低值均出现在 2019 年，且指数值均较小，春季和冬季略大，分别为 13.6 和 10.2，夏季和秋季仅为 5.7 和 4.9。

图 3(b)为各季节风蚀气候因子指数 1960~2019 年的平均值，从图中明显地看出，春季和冬季风蚀气候因子指数最强，其值分别为 99.9 和 80.9，夏季和秋季明显较弱，其值分别为 58.8 和 52.5，这一结果和内蒙古阴山北麓农牧交错带风蚀气候侵蚀力的计算结果完全吻合[13]，只是在风蚀气候侵蚀力的程度上要明显高于内蒙古阴山北麓。

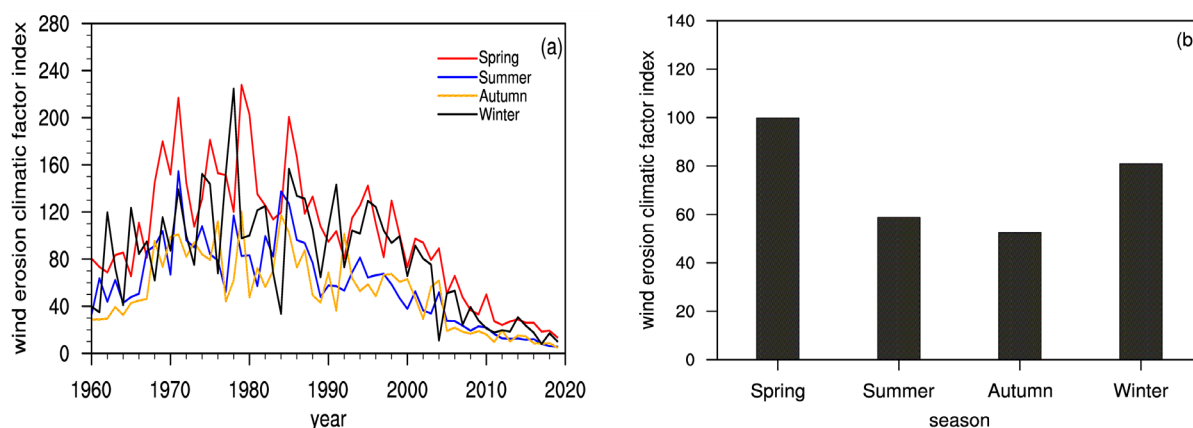


Figure 3. Seasonal variation trend and seasonal multi-year mean value of wind erosion climate factor index

图 3. 风蚀气候因子指数季节变化趋势和季节多年均值

3.2. 风蚀气候因子指数突变检验

图 4 为风区 1960 年~2019 年风蚀气候因子指数 Mann-Kendall 检验图, 从图中看出 UF 从 1960~1980 年出现幅度较大的上升趋势, 说明此阶段风蚀气候因子指数升高的趋势显著, 从 1980 年之后出现了转折性的变化, 风蚀气候因子指数一直呈现缓慢下降的趋势, UF 线和 UB 线于 2009 年出现交点, 但交点在置信区间之外, 因此在 60 年的变化过程中没有突变。

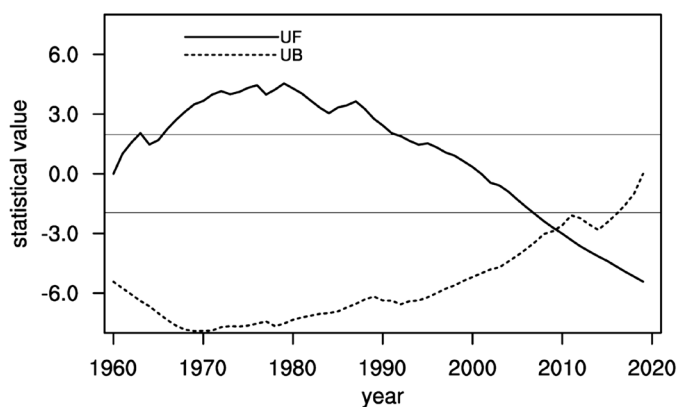


Figure 4. Annual mutation test of wind erosion climate factor index

图 4. 风蚀气候因子指数年突变检验

图 5(a)~(d)分别为春夏秋冬风蚀气候因子指数的 Mann-Kendall 检验图, 图中四季的变化趋势和图 4 中年的变化趋势一致, 且 UF 线和 UB 线均在置信区间内没有出现交点, 故四季的风蚀气候因子指数也均未发生突变。

3.3. 气象因子与风蚀气候因子指数的相关分析

表 2 给出了风蚀气候因子指数和气象因子的单相关关系, 从表中明显地看出, 风蚀气候因子指数和平均风速的相关关系最显著, 除秋季的相关性略低外, 年和其它三季高度相关, 相关系数均在 0.90 以上, 而其它气象因子只有平均气温在春季的相关性略高外(-0.61), 其余相关性均很低。尤其是降水量在达坂城干旱区对风蚀气候侵蚀力的影响更加不明显, 这和祁栋林等人[9]研究青海省风蚀气候侵蚀力变化的结果非常相似。可见平均风速是影响达坂城风区风蚀气候侵蚀力最关键的气象因子。

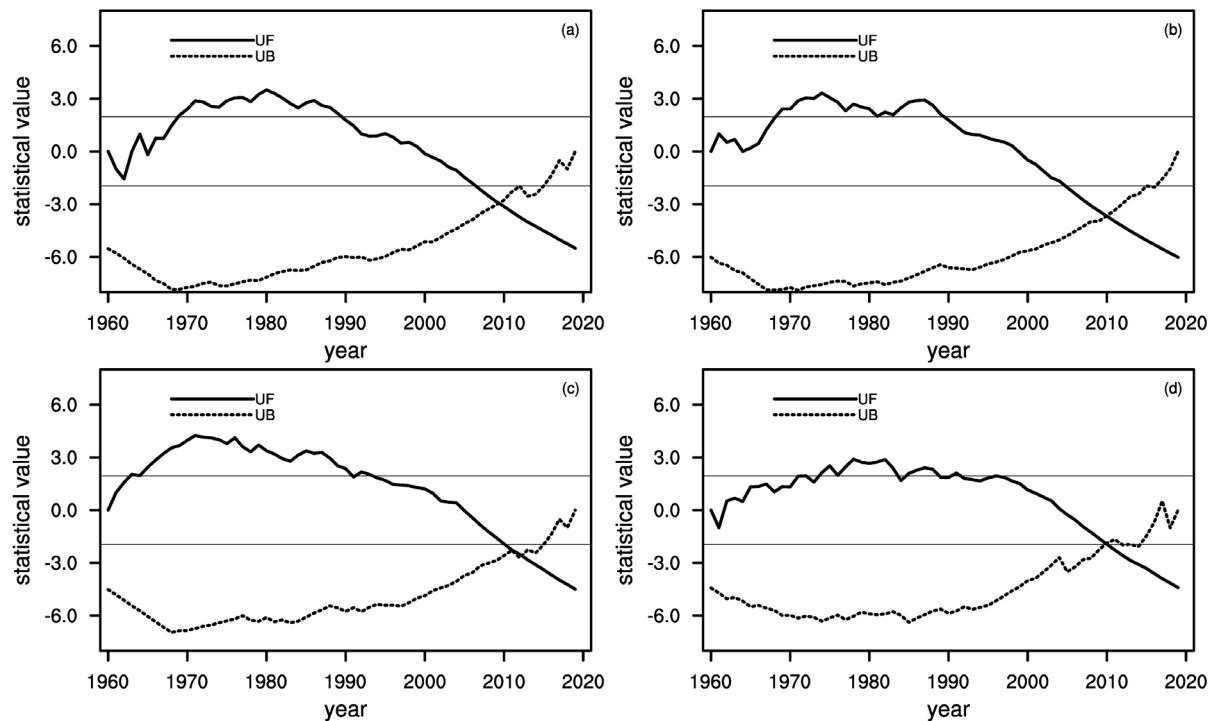


Figure 5. Seasonal mutation test of wind erosion climate factor index
图 5. 风蚀气候因子指数季节突变检验

Table 2. Correlation coefficients between wind erosion climatic factor index and meteorological factors
表 2. 风蚀气候因子指数与气象因子的相关系数

气象因子	平均风速	相对湿度	平均气温	降水量
年	0.97	-0.28	-0.45	-0.09
春	0.97	0.05	-0.61	-0.13
夏	0.96	-0.35	-0.48	-0.27
秋	0.79	-0.45	-0.23	0.20
冬	0.91	-0.30	0.19	-0.43

4. 结论

- 1) 新疆达坂城风区 1960~2019 年风蚀气候因子指数的变化大致呈开口向下的抛物线形状，形成了显著上升期→剧烈波动期→明显下降期的总变化过程，但总的趋势是显著下降。
- 2) 1979 年达到了历史极高值，风蚀气候因子指数高达 601.7，平均值为 292.6，从目前国内研究的结果中还没有出现这么高的指数值，可见达坂城风区风蚀气候侵蚀力非常严重。
- 3) 风蚀气候因子指数具有明显的月际和季节变化特征，4~5 月最大，9~10 月最小，春季最大，冬季次之，夏季和秋季较小，年和季节均呈现显著减少的趋势。
- 4) 风蚀气候因子指数减少的趋势很显著，通过 Mann-Kendall 检验分析后，并未出现突变点。
- 5) 风速是影响风蚀气候因子指数的关键因子，而平均气温、降水量和相对湿度对其影响并不显著。

基金项目

新疆高校重点项目(XJEDU2019I020)；国家自然科学基金项目(31660167)。

参考文献

- [1] 牛清河, 屈建军, 安志山. 甘肃敦煌雅丹地质公园风蚀气候侵蚀力特征[J]. 中国沙漠, 2017, 37(6): 1066-1070.
- [2] 刘慧, 李晓英, 肖建华, 等. 1961~2015 年雅鲁藏布江流域风速气候侵蚀力变化[J]. 地理科学, 2019, 39(4): 688-695.
- [3] 董玉祥. 沙漠化灾害危险度评价的初步研究[J]. 自然灾害学, 1993, 2(3): 103-109.
- [4] 刘毅华, 董玉祥. 西藏“一江两河”中部流域地区土地沙漠化变化的驱动因素分析[J]. 中国沙漠, 2003, 23(4): 355-360.
- [5] Woodruff, N. and Siddoway, F. (1965) A Wind Erosion Equation. *Proceedings of the Science Society of America*, **29**, 602-608. <https://doi.org/10.2136/sssaj1965.03615995002900050035x>
- [6] Chepil, W., Siddoway, F. and Armbrust, D. (1962) Climatic Factor for Estimating Wind Erodibility Fields. *Journal of Soil and Water Conservation*, **17**, 162-165.
- [7] 董玉祥, 康国定. 中国干旱半干旱地区风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J]. 水土保持学报, 1994, 8(3): 1-7.
- [8] 杨兴华, 何清, 李红军, 等. 塔里木盆地风速气候侵蚀力的计算与分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(4): 990-995.
- [9] 祁栋林, 李晓东, 苏文将, 等. 近 50 年青海省风蚀气候侵蚀力时空演变趋势[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 234-239.
- [10] 方祖光, 谢皎如. 福建沿海地区干燥度和风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 1997, 13(3): 96-103.
- [11] 蒋冲, 陈爱芳, 喻小勇, 等. 黄土高原风蚀与水蚀复合区的风蚀气候侵蚀力变化[J]. 干旱区研究, 2013, 30(3): 477-483.
- [12] 王永, 赵举, 程玉臣. 阴山北麓农牧交错带风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J]. 华北农学报, 2005, 20(专辑): 57-60.
- [13] 朱丽, 秦富仓, 杨翠林, 等. 阴山北麓农牧交错带土壤侵蚀驱动机制研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 34-37.
- [14] 冯伟, 张兴昌, 高照良. 风力侵蚀对西气东输(甘肃段)工程影响分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 244-251.
- [15] 何清, 胡文峰, 杨兴华, 等. 拐子湖地区沙尘天气风蚀起沙量的估算[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 6-10.
- [16] 成鹏. 乌鲁木齐地区近 50a 降水特征分析[J]. 干旱区地理, 2010, 33(4): 580-587.
- [17] 柳文光, 张保, 成鹏, 等. 气候变暖背景下乌鲁木齐市四季变化特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2019, 8(6): 669-674.