

黑碳气溶胶对东北温度的影响

戴文一¹ 李琳² 黄英华¹ 马永忠¹ 华成勋¹ 鞠春生³ 杨行²

1 辽宁省建昌县气象局 2 绥中县气象局 3 岫岩满族自治县气象局

DOI:10.12238/eep.v7i5.2079

[摘要] 东北是我国最大的商品粮食基地,由于粮食的产量与气候息息相关,东北的气候变化一直备受关注。由于黑碳气溶胶可以直接吸收来自太阳的辐射以及红外辐射,并对大气的能量收支平衡产生影响,因此,其对气候有重要的影响。同时,东北又是典型的气候脆弱区和对全球变暖最为敏感的地区之一。为了探究黑碳气溶胶浓度变化对东北温度的影响,根据MERRA-2和NOAA的再分析资料,分析了1981—2021年间东北温度和黑碳气溶胶分布特征及变化趋势,在此基础上通过相关性分析和合成分析等统计学方法,诊断分析了东北温度和黑碳气溶胶之间的关系,最后利用模式对诊断结果进行验证。主要结论为:(1)1981—2021年东北不同季节温度整体上都呈现一致的上升趋势,且增温速率由小到大为冬、春、夏、秋。(2)同期,东北黑碳气溶胶的浓度总体上呈上升趋势,且与东北春、冬季的温度具有显著的正相关关系。(3)当春季和冬季黑碳气溶胶浓度异常偏高时,东北会产生暖平流,有利于使温度上升。

[关键词] 东北温度; 黑碳气溶胶; 温度

中图分类号: P731.11 **文献标识码:** A

Influence of black carbon aerosol on northeast temperature

Wenyi Dai¹ Lin Li² Yinghua Huang¹ Yongzhong Ma¹ Chengxun Hua¹ Chunsheng Ju³ Xing Yang²

1 Jianchang County Meteorological Bureau, Liaoning Province

2 Suizhong County Meteorological Bureau 3 Xiuyan Manchu Autonomous County Meteorological Bureau

[Abstract] the northeast is the largest commodity grain base in our country. Because the grain yield is closely related to the climate, the climate change in the northeast has been concerned. The distribution and trend of temperature and black carbon aerosol over the northeast of China from 1981 to 1981 were analyzed. The concentration of black carbon aerosol over the northeast of China showed an upward trend in the 2021, and it has a significant positive correlation with the temperature in spring and winter in northeast China. When the black carbon aerosol concentration is abnormally high in spring and winter, the northeast will produce warm advection, which is beneficial to the temperature rise.

[Key words] northeast temperature; black carbon aerosol; temperature

引言

作为国家的一个重要的农业和工业基地,东北对于维护国家的国防安全、粮食安全、生态安全、产业安全具有非常重要的意义。

目前,有关黑碳气溶胶的气候效应研究已成为国际上的热点。张华等人综合了一系列的研究结果,得出结论:黑碳气溶胶对气候有三种不同的影响:一是黑碳的直接作用,它可以通过直接吸收阳光中的辐射和红外线,通过改变地球大气系统中的能量平衡,从而对气候产生直接的影响;第二类是碳黑的间接作用,碳黑气溶胶与其他可溶于水的气溶胶(如有机碳、硫酸根等)结合后,会以冰晶的形式或以冰晶的形式,通过改变云微物理性质、辐射性质和云的生命周期等,进而对全球气候产生间接作

用。第三类是黑碳气溶胶,它能在云中吸收阳光,提高云的温度,进而引起云的蒸发,这就是黑碳气溶胶的“半直接”作用。

在研究黑碳气溶胶与东北温度之间的联系时,为了能更好的体现其对温度的影响。本文将选取黑碳气溶胶浓度较高的季节进行分析。分别描述1981—2021年间,东北不同季节的温度变化趋势、黑碳气溶胶的浓度变化趋势以及黑碳气溶胶的空间分布情况。并选取其中黑碳气溶胶浓度较高的季节来分析其对温度的影响。最后给出结论和讨论。

1 使用的数据说明

文中采用的资料包括所选时间段为1980年12月—2021年12月,美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的再分析资料中1979年1月—2021年12月的全球风场月平均数据,资料分辨率为 $2.5^{\circ} \times$

2.5°, 垂直分为17层。以及同期的全球地面2 m月平均气温资料, 分辨率为2.5° × 2.5°。

2 研究方法

本文采用NOAA的地面2 m温度场的月平均数据, 通过简单区域平均(所选范围为39—54° N, 118—135° E), 即将所选区域内所有格点资料求和后取平均的方法来定义东北的近地面温度。本文的黑碳气溶胶数据来源为NASA的MERRA-2数据集, 与取温度的平均的方法一样, 本文对同一地区做区域平均从而得出黑碳气溶胶的浓度与温度之间的联系。之外, 本文还用到了滑动相关性分析、合成分析等常规统计学方法。

3 黑碳气溶胶对温度的影响

3.1 黑碳气溶胶的浓度与温度之间的联系

相关研究表明, 东北的黑碳气溶胶浓度与该地区的温度存在某种联系, 由于黑碳气溶胶在大气中的含量非常低, 为了更好的展示这两者之间的关系, 选取黑碳气溶胶浓度较高的春季和冬季进行分析。采用滑动相关分析的方法, 分别计算了1981—2021年东北春季和冬季的黑碳气溶胶浓度和近地面温度的年滑动相关系数, 滑动步长选为9年。东北的春冬两季, 黑碳气溶胶粒子的浓度与近地面温度存在正相关关系。这说明春冬两季的黑碳气溶胶浓度与该季节的温度具有较为一致的年际变化特征, 即黑碳气溶胶浓度的增加会使得该地区的温度上升。

3.2 黑碳气溶胶与温度平流之间的联系

局地温度的变化主要受温度平流和非绝热加热因素的影响。以下从这两方面, 分析黑碳气溶胶浓度的变化与东北温度的变化的关联。

根据1981—2021年东北的平均温度场、风场可知, 东北春季和冬季盛行的风向均为西北风, 受北部冷空气的影响, 东北850 hPa上的温度平流为冷平流。且冷平流的强弱受该地区风速的影响很大。

许多研究表明, 黑碳气溶胶的浓度也与该地区的风向风速存在一定的联系。肖秀珠等的研究表明, 当风从相对洁净的地区吹来, 且本地的黑碳排放较强时, 风会使得该地区的黑碳气溶胶浓度下降, 风速越大, 其降低本地黑碳气溶胶浓度的效果越显著; 黑碳气溶胶的浓度与风速总体上呈反相关关系, 但对于非清洁地区吹来的风, 黑碳气溶胶的浓度与其风速的关系则相对复杂。根据秦亚兰等对东北冬季黑碳气溶胶浓度与风速风向的研究, 当风从非清洁地区吹来时, 黑碳气溶胶的浓度与风速的相关性不仅与天气状态有关, 还和风速的阈值有关, 且不同高度场的阈值不同。为了探究东北春冬两季的黑碳气溶胶浓度与风速风向的关系, 对该地区的黑碳气溶胶浓度和风场取东北春冬两季盛行风向为西北风, 风从外蒙古和俄罗斯远东地区吹向东北。由于外蒙古和俄罗斯远东地区的黑碳气溶胶浓度远小于东北, 因此该风可视为清洁风, 对东北的黑碳气溶胶浓度有稀释作用。因此, 我们推测春冬两季的风速应与黑碳气溶胶的浓度呈反相关关系。为了验证该猜想, 我们对东北春季和冬季的风速与黑碳气溶胶浓度做滑动相关分析, 东北春冬两季的黑碳气溶胶浓度与

该地区的冬季风的确呈现出了较好的反相关关系。

以上研究结果表明, 东北春冬两季的黑碳气溶胶浓度与温度平流的强弱都与该地区的风场存在一定关联。其中东北的黑碳气溶胶浓度与该地区的风速表现为反相关关系, 而该地区的冷平流的强弱则与风速呈正相关关系。因此可以做出如下假设: 东北春冬两季的黑碳气溶胶浓度之所以和该地区的温度呈现一致的变化趋势, 是因为二者都受到环流场的显著影响, 春冬两季的黑碳气溶胶浓度可以从侧面反映出该季节冷平流的强弱。因此, 该地区黑碳气溶胶浓度较高的年份, 其温度也通常较高。

对筛选出的黑碳气溶胶浓度的异常值年的温度平流场做合成分析, 即将异常偏高年和异常偏低年的温度平流分别相加后取平均, 再分别与1981—2021年的平均温度平流做差, 得出东北春冬两季黑碳气溶胶浓度的异常高值年和异常低值年的温度平流的强弱变化。在黑碳气溶胶浓度的异常偏高值年, 东北的冷平流弱于1981—2021年间的平均温度平流。而在黑碳气溶胶浓度的异常偏低值年, 东北的冷平流则强于1981—2021年间的平均温度平流。这也进一步的证明了东北春冬两季的黑碳气溶胶浓度可以间接的反映该地区冷平流的强弱。当东北春、冬两季的黑碳气溶胶较高时, 该地区会产生暖平流, 故而使得该地区的温度较常年偏高。当东北春、冬两季的黑碳气溶胶浓度较低时, 其冷平流通常较强, 故而使得该地区的温度较常年偏低。

3.3 东北非绝热加热因素与黑碳气溶胶浓度之间的联系

秦世广等人认为, 黑炭是最重要的吸光材料, 它的吸光性能几乎可以和普通的温室气体相提并论。与其他温室气体如二氧化碳和甲烷相比, 黑碳气溶胶的光吸收光谱范围更广; 与相同特性的微粒相比, 它的吸收率要高出两个数量级。Schult等人通过模型计算, 得到了大气中总的气溶胶的平均温度为 $-0.2\text{W}/\text{m}^2$ 。然而, 在部分区域, 黑碳气溶胶会使其由负向转为正向, 产生净增暖作用。通过对1988年4月大气气溶胶的模拟, Kirkevåg等人的结果表明: 南非大气中的黑碳气溶胶可以使其直接辐射强迫值 $+2.0\text{W}/\text{m}^2$, 而北极大气中的直接辐射强迫值也为 $+0.4\text{W}/\text{m}^2$, 这一结果与我们以往对其进行过的模拟结果一致。此外, 由于黑碳气溶胶会与其他组分发生相互作用, 使得黑碳气溶胶光谱更为复杂。尽管目前国际上对黑碳气溶胶的模拟结果存在较大差异, 但, 黑碳气溶胶对太阳光具有较强的吸收能力, 并可对地表产生较大的增温作用。

综上所述, 黑碳气溶胶粒子浓度的增加会使其在大气中产生的正辐射强度增强, 进而导致地面吸收到的长波辐射强度增强。且东北春冬两季的黑碳气溶胶浓度与该地区的温度平流呈现反相关关系。以上研究结论均表明, 东北黑碳气溶胶浓度的增加, 会使得该地区的温度上升。

4 结论

通过对1981—2021年间气候模式对黑碳气溶胶对东北温度的模拟, 得出以下结论: 由于东北的城市化和工业化具有很强的区域不均匀性, 各地的气候条件也有很大差别。因此, 对各个要

素进行简单的区域平均不能很好的反映东北的真实情况。本文采用的数据均为月平均数据,不能很好的反映大气中黑碳气溶胶浓度的变化。本项目拟采用 CESM模型,对黑碳气溶胶的气温效应进行数值模拟,但该模型仅能反映出大气中的大致情况,与实际情况有较大差异,仅能提供一些参考,实际情况仍有待进一步研究和分析。目前对黑碳气溶胶的气候影响的认识比较片面,其与气温的关系也需要深入探讨。

[参考文献]

[1]刘超,胡海波,张媛,等.CAM3.0模式中东亚气溶胶浓度变化的直接效应及全球海面温度年代际变化对东亚夏季降水的影响研究[J].热带气象学报,2019,30(06):1048-1060.

[2]张华,王志立.黑碳气溶胶气候效应的研究进展[J].气候变化研究进展,2019(6):311-317.

[3]张靖,银燕.RegCM3模拟黑碳气溶胶对中国气候的影响[C]//第四届长三角科技论坛论文集(下册),2007:255-260.

[4]包哲,郑鑫,吴培肇,等.基于RegCM3下黑碳气溶胶对我国区域气候变化影响的模拟研究[J].科技通报,2018(11):37-42.

[5]GU Y,LIU K N,XUE Y,et al.Climatic effects of different aerosol types in China simulated by the UCLA general circulation model[J].Journal of Geophysical Research:Atmospheres,2019,10(6312):111-6312

[6]ZHANG H,WANG Z,GUO P,et al.A modeling study of the effects of direct radiative forcing due to carbonaceous aerosol on the climate in East Asia[J].Advances in Atmospheric Sciences,2019,26(01):57-66.