

国世友,王承伟,刘丽敏.大兴安岭呼中林区5月火险等级变化趋势分析[J].陕西气象,2021(6):55-59.

文章编号:1006-4354(2021)06-0055-05

大兴安岭呼中林区5月火险等级变化趋势分析

国世友^{1,2},王承伟²,刘丽敏³

(1. 黑龙江省龙云气象科技有限责任公司气象院士工作站,哈尔滨 150030;

2. 黑龙江省气象台,哈尔滨 150030;3. 伊春市气象局,黑龙江伊春 153000)

摘要:基于大兴安岭呼中地区国家气象观测站资料和第六次国际耦合模式比较计划(CMIP6)历史模拟试验数据、中等发展情景预估数据,采用线性趋势分析、对比分析等方法,研究了1974—2020年呼中5月平均气温、降水量、平均风速及火险等级变化特征及其2021—2100年演变趋势。结果表明:1974—2020年呼中林区5月平均气温、降水量以及平均风速的变化速率分别为 $0.31\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $10.2\%/10\text{ a}$ 、 $-0.17(\text{m/s})/10\text{ a}$,在此背景下,火险等级为减小趋势,火险等级指数变化速率为 $-5.04/10\text{ a}$ 。预估2021—2100年呼中林区5月整体上仍维持平均气温升高、降水量增加、平均风速减小趋势,在此情景下,火险等级为减小趋势;从年代际变化来看,2020年代、2030年代、2060年代火险等级偏高,其它年代火险等级偏低。

关键词:呼中林区;火险等级;CMIP6

中图分类号:P467

文献标识码:A

近百年来,全球气候变暖特征显著。1980年代以来,全球每个连续10 a都比前一个10 a更暖。中国是全球气候变化的敏感区和影响显著区,1951—2019年中国年平均气温每10 a升高 $0.24\text{ }^{\circ}\text{C}$,升温速率高于同期全球平均水平^[1-2],且区域间差异明显,如1959—2014年陕西略阳年平均气温每10 a升高 $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[3],西安春季和冬季日数呈缩短趋势、夏季和秋季呈增长趋势^[4]。同时气候变暖正在影响着生态环境,千阳县苹果种植将不会受冻害影响^[5],全球森林火灾灾害发生的频率与强度增加^[6]。森林作为陆地生态系统,具有调节气候、涵养水源、减少污染、提供科研等多种功能,对维护生态环境起着不可替代的作用^[7]。而森林火灾是对森林生态资源危害最为严重的灾害之一,森林的燃烧与气象条件密切相关,高温、干旱、大风天气有利于森林火灾的发生^[8-9]。

大兴安岭呼中林区拥有我国最大的温带原生

落叶松自然保护区,林间可燃物积累丰富,易燃可燃物随处可见。冬季气温低,地表积雪覆盖,气温处于燃点以下,不易发生火灾;而春季天气回暖,3—4月积雪逐渐融化,5月气温升至燃点以上,加之降水少、大风日多,森林火险等级达到春季的最高等级,一旦发生火灾,危害非常严重。春季林火多是人为火源引起的,因此,了解呼中林区5月火险等级变化趋势,对于人为管控火源,预防火灾发生,减少森林资源的损失具有重要意义。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况

大兴安岭呼中林区位于我国大兴安岭主山脉东坡、伊勒呼里山脉北坡,总面积约 $9\ 372.44\text{ km}^2$,植被类型以西伯利亚植物区系成分为主,混有东北植物区系和蒙古植物区系成分。典型地带性植被类型为寒温带针叶林,单优势种为兴安落叶松林。主要的针叶乔木树种有兴安落叶松、云杉、樟

收稿日期:2021-03-09

作者简介:国世友(1976—),男,山东莱芜人,硕士,高级工程师,从事天气气候预报预测工作。

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1507305);黑龙江省龙云气象科技有限责任公司气象院士工作站(YSMS202005)

子松以及少量分布于高海拔山地的偃松。主要的阔叶乔木树种有山杨、白桦、甜杨和位于河岸以及沟谷两侧的钻天柳^[10]。

1.2 资料

研究采用的资料包括呼中国家气象观测站1974—2020年5月气温、降水量、风速观测资料；第六次国际耦合模式比较计划(CMIP6)全球气候模式1974—2014年历史模拟试验数据和中等发展情景(SSP2-4.5)2021—2100年预估数据,平均气温和降水量均使用22个模式数据,平均风速为19个模式数据,CMIP6模式数据下载及说明见网站(<http://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/>),呼中的模式数据使用双线性插值方法得到。为了便于与历史时期比较,选取1991—2020年为基准时段,变化趋势采用线性倾向率估计。

1.3 集成方法

由于不同的CMIP6模式模拟能力和预估结果存在差异^[11],这里假定模式模拟能力强,则模式预估结果的可信度就高。先计算1974—2014年各个模式的5月平均气温、降水量和平均风速模拟值与观测值的符合度指数,根据指数大小选择模式作为集成成员^[12],平均气温和降水量入选模式的符合度指数超过0.55,平均风速的达到0.50。平均气温选择的模式为GFDL-ESM4、INM-CM4-8、NorESM2-LM,降水量的模式为BCC-CSM2-MR、CanESM5、GFDL-ESM4,平均风速的为INM-CM5-0、TaiESM1。在预估中采用权重集成方法得到呼中林区气象要素值。

权重集成公式为

$$y(t) = \sum_{i=1}^m \omega_i \chi_i(t), \quad (1)$$

其中, $y(t)$ 表示第 t 年的集成值, t 为年份($t=2021, 2022, \dots, 2100$), m 是参加集成的模式数, $\chi_i(t)$ 是第 i 个模式第 t 年的值, ω_i 是第 i 个模式的权重。

权重 ω_i ($i \geq 1$)计算公式为

$$\omega_i = r_i / \sum_{i=1}^m r_i, \quad (2)$$

式中 r_i 为第 i 个模式模拟值与观测值的符合度指数。

符合度指数的计算公式为

$$r_i = 1 - \frac{\sum_{t=1974}^{2014} (\chi_i(t) - \bar{x}(t))^2}{\sum_{t=1974}^{2014} (|\chi_i(t) - \bar{x}| + |x(t) - \bar{x}|)^2}, \quad (3)$$

式中 t 为年份($t=1974, 1975, \dots, 2014$), $\chi_i(t)$ 第 i 个模式第 t 年模拟值, $x(t)$ 第 t 年观测值, \bar{x} 为观测值多年平均值。

符合度指数在0.0与1.0之间,越接近于1,说明模式模拟值与观测值越符合。符合度指数在40%以上为基本可信,60%以上为良好,80%以上为优秀^[13]。

1.4 森林火险等级

采用《全国森林火险区划等级》(LY/T 1063—2008)推荐的森林火险因子(树种燃烧类型、人口密度、路网密度、月降水量、月平均气温、月平均风速)权值之和来定义森林火险等级指数^[14],以森林火险等级指数大小划分火险等级。大兴安岭呼中林区地广人稀,假定1974—2100年树种燃烧类型、人口密度、路网密度变化不大,权值分别取10、3、4。逐年的森林火险气象因子权值用 $f(x) = (1 + ae^{bx})^{-1}$ 计算得到^[14-15],式中 x 为气象因子值, a, b 为待定系数, e 为常数,取2.72。

2 1974—2020年气象因子和森林火险等级变化

图1a给出了1974—2020年呼中5月平均气温距平变化曲线。由图1a可以看到,1974—2020年,呼中5月平均气温整体的上升趋势非常明显,增温速率为 $0.31 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 。1970年代中后期至2000年代5月平均气温低于基准值($9.1 \text{ } ^\circ\text{C}$),其中1970年代中期至1980年代偏低幅度超过 $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$,1974年最低为 $6.4 \text{ } ^\circ\text{C}$;1990年代、2000年代偏低幅度小。2010年代处于偏高时期,2010年最高为 $11.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ (表1)。

1974—2020年呼中5月降水量呈现增加趋势(图1b),增加幅度为 $10.2 \text{ } \%/10 \text{ a}$ 。1970年代中后期至2000年代处于偏少时期(表1),其中1970年代中后期至1980年代、2000年代比基准值(49.0 mm)少20%以上,2006年最少为 10.3 mm

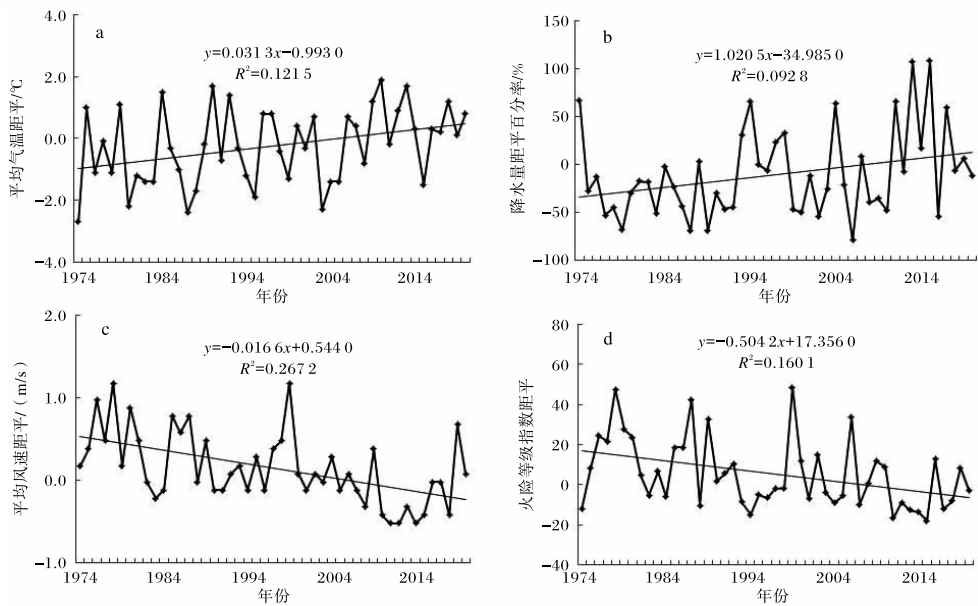


图1 1974—2020年呼中5月平均气温距平(a)、降水量距平百分率(b)、平均风速距平(c)及火险等级指数距平(d)年际变化

表1 1974—2020年呼中5月平均气温距平、降水量距平百分率、平均风速距平及火险等级指数距平的年代际变化

时间	平均气温距平/°C	降水量距平百分率/%	平均风速距平/(m/s)	火险等级指数距平
1974—1980年	-0.7	-24	0.61	20.2
1980年代	-0.6	-32	0.26	10.5
1990年代	-0.2	-4	0.23	3.8
2000年代	-0.1	-24	-0.03	3.4
2010年代	0.4	28	-0.20	-7.1

(偏少79%)。2010年代为偏多时段,偏多近3成,2015年最多为102.2 mm,比基准值多1倍有余。同时也可以看出,降水量的年际变动幅度大,最大值约为最小值的10倍。

1974—2020年呼中5月平均风速趋于明显减小(图1c),变化速率 -0.17 (m/s)/10 a。1970年代中后期至1990年代平均风速大于基准值(2.2 m/s)的幅度逐渐减小(表1),到2000年代以后转为小于基准值。平均风速比基准值偏小的年份主要在2007年以后,其中2011年和2012年均偏小0.5 m/s;2006年之前大多数年份偏大,1978年和1999年最大为3.4 m/s。

在气候暖湿化、平均风速显著减小背景下,1974—2020年呼中5月火险等级指数在波动中呈减小趋势(图1d),变化速率 $-5.0/10$ a。在

2000年代之前火险等级指数偏大(表1),2010年代开始转为偏小。1999年火险等级指数最大为99,比基准值(51)大48,比2015年最小值(37)大62。火险等级指数最大值约是最小值的3倍,年际变化幅度较大。

3 2021—2100年气象因子和森林火险等级变化趋势预估

图2a给出了预估的2021—2100年呼中5月平均气温距平时间序列。由图2a可知,2021—2100年,呼中5月平均气温整体上仍维持上升趋势,升温速率 0.15 °C/10 a。从5月平均气温距平年代际变化幅度来看(表2),各年代5月平均气温均偏高 1.0 °C以上,其中2020年代至2040年代偏高幅度逐渐增大,2050年代有所回落,2060年代又上升,2070年代小幅下降,2080年代

至 2090 年代又增大,偏高幅度升至 2.0 °C 以上。从年际变化来看,2021—2100 年呼中 5 月平均气

温有 79 a 高于基准值,最大值偏高 3.9 °C,最小值偏低 0.3 °C。

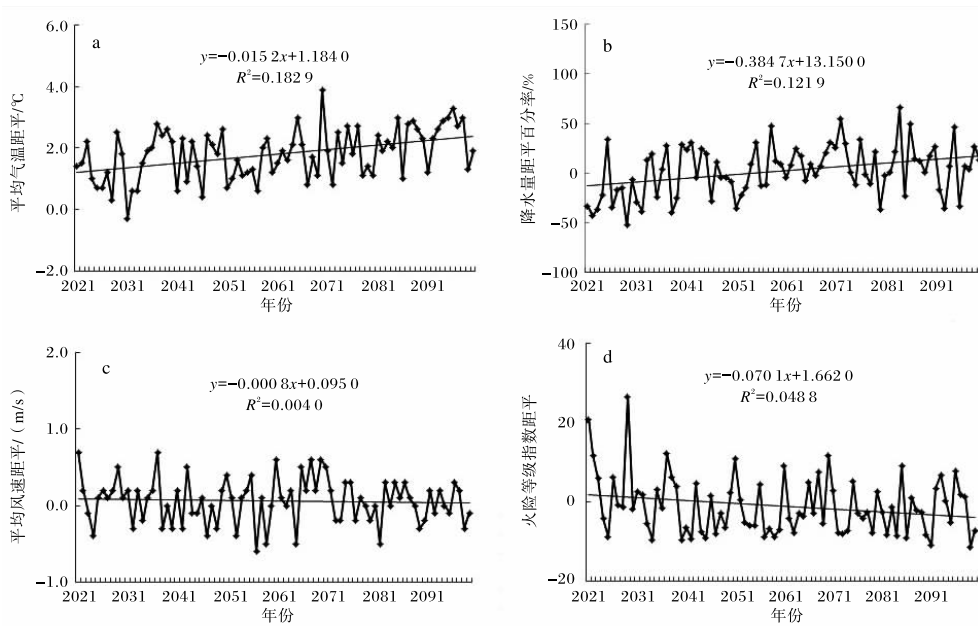


图 2 2021—2100 年呼中 5 月平均气温距平(a)、降水量距平百分率(b)、平均风速距平(c)及火险等级指数距平(d)年际变化

表 2 2021—2100 年呼中 5 月平均气温距平、降水量距平百分率、平均风速距平及火险等级指数距平的年代际变化

时间	平均气温距平/°C	降水量距平百分率/%	平均风速距平/(m/s)	火险等级指数距平
2020 年代	1.3	-23	0.16	5.3
2030 年代	1.6	-6	0.03	0.2
2040 年代	1.7	6	-0.02	-4.2
2050 年代	1.3	1	-0.02	-3.4
2060 年代	2.0	10	0.25	0.5
2070 年代	1.8	11	0.06	-3.1
2080 年代	2.3	16	0.03	-3.3
2090 年代	2.4	4	0.01	-1.4

2021—2100 年呼中 5 月降水量在波动中呈增加趋势(图 2b),增加幅度为 3.8%/10 a。就降水量年代际变化而言(表 2),2020 年代、2030 年代偏少,尤其是 2020 年代明显偏少,达 -23%;2040 年代以后转为偏多,其中 2060 年代至 2080 年代偏多 10%以上。从年际变化来看,未来 80 a 呼中 5 月降水量最大值为 81.4 mm,比基准值多 60%以上;最小值 23.4 mm,偏少 52%。可见,降水量的年际变动幅度仍然较大。

2021—2100 年呼中 5 月平均风速变化趋势不明显,仅表现为微弱的减小趋势(图 2c)。2040 年代、2050 年代偏小(表 2),其它时段偏大,2020 年代、2060 年代偏大 0.1 m/s 以上。未来 80 a 呼中 5 月平均风速最大值为 2.9 m/s,比基准值大 0.7 m/s;最小值为 1.6 m/s,偏小 0.6 m/s。

在气候暖湿化、风速减小情景下,2021—2100 年呼中 5 月火险等级指数整体呈减小趋势(图 2d),变化速率 -7.0/10 a。从年代际变化来看

(表2),2020年代、2030年代、2060年代火险等级指数偏大,其中2020年代偏大5.3;其它年代指数偏小,大多数年代火险等级指数距平低于-3.0。在2021—2100年期间,火险等级指数最大值为77,约是最小值(39)的2倍,说明森林火险等级指数的年际变化幅度仍比较大。

4 结论

(1)1974—2020年大兴安岭呼中林区5月气候具有暖湿化的趋势,平均风速和火险等级均呈现减小趋势,平均气温、降水量、平均风速及火险等级指数的变化速率分别为 $0.31\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $10.2\%/10\text{ a}$ 、 $-0.17\text{ (m/s)}/10\text{ a}$ 、 $-5.04/10\text{ a}$ 。气象因子及火险等级指数年际变化幅度大,平均气温、平均风速和火险等级指数最大值约为最小值的2倍,降水量约为10倍。

(2)中等发展情景下,2021—2100年5月呼中林区整体为气温上升、降水量增加、风速减小、火险等级减小趋势。相对于基准值,2020年代和2030年代平均气温偏高、降水偏少、平均风速偏大、火险等级偏高,2060年代平均气温偏高、降水偏多、平均风速偏大、火险等级偏高,其它年代平均气温偏高、降水量偏多、火险等级偏低。气象因子及火险等级指数年际变化幅度仍较大,平均气温、降水量最大值是最小值的3倍有余,平均风速、火险等级指数的约为2倍。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2013: The Physical Science Basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013: 95-123.
- [2] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2020)[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 11-23.
- [3] 樊纲惟, 王浩强, 樊洁馨, 等. 1959—2014年略阳县气候变化趋势分析[J]. 陕西气象, 2017(1): 20-23.
- [4] 高红燕, 梁佳, 张曦, 等. 西安四季变化的差异性及阶段性特征[J]. 陕西气象, 2021(1): 33-39.
- [5] 赵磊, 吕丹. 千阳苹果种植气象条件及其变化分析[J]. 陕西气象, 2021(1): 56-59.
- [6] 魏书精, 罗斯生, 罗碧珍, 等. 气候变化背景下森林火灾发生规律研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 30(2): 133-141.
- [7] 张纪兰, 陶忠玉, 付纪建, 等. 呼中自然保护区的价值与意义[J]. 内蒙古林业调查设计, 2004, 27(3): 62-66.
- [8] 孙智辉, 苏长年, 尹盟毅. 延安市森林火险天气分级预报方法[J]. 陕西气象, 2004(5): 10-12.
- [9] 吴璐. 河南省森林火险月季尺度定量客观化预测[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(2): 93-99.
- [10] 刘娜, 齐淑艳, 陈宏伟, 等. 大兴安岭呼中林区不同火后恢复年限森林碳密度变化研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(5): 8-12.
- [11] 张丽霞, 陈晓龙, 辛晓歌. CMIP6情景模式比较计划(ScenarioMIP)概况与评述[J]. 气候变化研究进展, 2019, 15(5): 519-525.
- [12] 张立鹏, 智协飞, 王佳, 等. 云顶高度和温度预报多方案对比检验与集成[J]. 气象科技, 2018, 46(6): 1136-1146.
- [13] WILLMOTT C J. Some comments on the evaluation of model performance[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1982, 63(11): 1309-1313.
- [14] 国家林业局. 全国森林火险区划等级: LY/T 1063—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [15] 国世友, 高煜中, 潘华盛, 等. 黑龙江省春季高森林火险期年代际变化特征[J]. 气象科技, 2009, 37(1): 57-63.