

1971~2018年黑龙江省生长季降水量时空变化特征

姜丽霞¹, 李树岭², 刘艳华³, 闫平¹, 曹蕾², 韩俊杰¹, 初征¹, 吕佳佳¹,
张雪梅², 何锋¹

(1. 黑龙江省气象科学研究所/中国气象局东北地区生态气象创新开放实验室/黑龙江省气象院士工作站, 哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨市气象台, 哈尔滨 150028; 3. 黑龙江省气象服务中心, 哈尔滨 150036)

摘要: 利用黑龙江省78个气象站1971~2018年作物生长季内(5~9月)逐日降水资料, 采用数理统计方法, 分析了黑龙江省作物生长季及其各月降水的时空演变特征。结果表明: 1971~2018年, 研究区作物生长季(5~9月)降水量随时间总体呈增多趋势, 5~8月降水与生长季同步震荡, 9月呈减少趋势; 分析期内, 生长季及各月降水的空间分布总体存在中部多的态势, 但略有差异, 生长季、6月、8月为东西少、中部多, 5月西部少、中东部多, 7月西多东少, 而9月经向分布特征不明显; 生长季内各月降水量呈“抛物线”型分布, 降水主要集中于6~8月, 并以盛夏7月最为集中。

关键词: 作物生长季; 降水量; 演变特征; 黑龙江

中图分类号: S161.6

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)05-0116-04

Temporal and Spatial Evolution Characteristics of Precipitation during Crop Growing Season in Heilongjiang Province from 1971 to 2018

JIANG Lixia¹, LI Shuling², LIU Yanhua³, YAN Ping¹, CAO Lei², HAN Junjie¹, CHU Zheng¹, LYU Jiajia¹, ZHANG Xuemei², HE Feng¹

(1. Heilongjiang Province Institute of Meteorological Science/Innovation and Opening Laboratory of Regional Eco-Meteorology in Northeast, China Meteorological Administration/Meteorological Academician Workstation of Heilongjiang Province, Harbin 150030; 2. Harbin meteorological station, Harbin 150028; 3. Heilongjiang Meteorological Service Center, Harbin 150036, China)

Abstract: Based on daily precipitation data from 78 meteorological stations in Heilongjiang Province from May to September during 1971 to 2018, Temporal and spatial evolution characteristics of crop growth season and its monthly precipitation (from May to September) in Heilongjiang province was investigated by using the mathematical statistics methods. The results showed that the precipitation was generally increasing during the growing season of crops in the study area, and the trend of precipitation in May, June, July and August was the same as that in growth season, but the precipitation in September was decreasing. During the analysis period, there was a trend that the middle regions had more precipitation in growing season and every month, but spatial distribution of precipitation was slightly different. The precipitation in the growing season, June and August was less in East and West, and more in the middle, and the precipitation in May was less in West, and more in the middle regions and East, and the precipitation in July was less in East, and more in West, and the longitude distribution of precipitation in September was not obvious. The distribution of monthly precipitation during the growing season was parabola type, and precipitation mainly occurred in June to August during summer and was most concentrated in July.

Key words: The Crop growing season; Precipitation; Evolution characteristic; Heilongjiang Province

收稿日期: 2019-11-14

基金项目: 中国气象局·河南省农业气象保障与应用技术重点实验室基金项目(AMF202105); 黑龙江省自然科学基金项目(LH2019D015); 国家自然科学基金项目(31671575)

作者简介: 姜丽霞(1972-), 女, 正高级工程师, 硕士, 主要从事应用气象和气候资源的相关研究。

黑龙江省为全国主要的粮食生产基地之一, 近年粮食产量已突破1500亿斤, 对保障国家粮食安全具有重要作用。在影响粮食生产的气候因子中, 降水条件为主要制约因素之一, 降水不适宜常常会引发干旱或洪涝^[1-3], 而旱、涝灾害对粮食产量会造成巨大影响^[4-5]。研究表明, 干旱抑制作物生

长,常导致发育期延迟、发育不良、植株矮小,严重时导致作物大幅度减产^[6];洪涝则对农田受淹作物造成不可逆损害,当作物淹水达到一定程度时,其减产率即接近100%^[7],2013年黑龙江省出现了严重的流域性洪涝灾害,农田被淹没面积为 $6.22 \times 10^5 \text{ hm}^2$,水稻和玉米因灾总损失产量合计达 $3.97 \times 10^9 \text{ kg}$ ^[3],可见洪涝灾害对农业生产影响之巨大。

气候变化及气象灾害已对农业产生较大影响^[8-12],随着气候变化日益显著,黑龙江省气候资源发生变化^[13],其中水分资源时空特征也随之发生变化,作物种植结构调整工作急需开展,以最大限度避免资源浪费或资源不足而影响粮食生产,因此,黑龙江省作物生长季长序列降水状况值得研究。本文利用黑龙江省1971~2018年作物生长季日降水资料,详细分析各月降水量演变特征,以期明确黑龙江省降水资源时空分布状态,从而为黑龙江省合理利用气候资源及农业种植结构调整提供气象参考。

1 资料与方法

1.1 资料及定义

本文所用资料包括黑龙江省78个气象站1971~2018年作物生长季(5~9月)逐日降水数据,气象资料来源于黑龙江省气象局整编资料。为了更好地分析降水变化特征,根据研究站点的地理位置和气候特点,将其划分出4个区域,分别为大小兴安岭、松嫩平原、三江平原和牡丹江半山区。

黑龙江省5~9月为气象定义上的作物生长季,也是黑龙江省作物生长关键时期,其中6~8月为夏季,是黑龙江省的主汛期,7月为盛夏。常年指具有气候意义的1981~2010年共30年的平均状况。

1.2 研究方法

利用气候统计方法,首先将研究区各研究站点1971~2018年每年5~9月的日降水量进行逐月累积,再根据研究需求对研究区或单站的降水量进行相关统计,以SPSS statistics 17.0处理软件进行数据分析,采用线性气候倾向率、气候变率^[14]、Mann-Kendall趋势检验法^[15]等方法研究降水的演变特征和周期变化。

2 结果与分析

2.1 降水量长期变化

1971~2018年间,研究区作物生长季(5~9月)降水量总体呈增加趋势,5~7月降水呈波动式上升变化,8月降水呈极微弱增加趋势,而9月呈下降趋势。由图1a可见,生长季(5~9月)总降水量

年际间变化相对平稳,降水量谷值出现在2007年,峰值出现在1994年。5月降水量表现出阶段性变化特征,1971~1980年降水年际间波动不大,之后20年间维持较低水平,谷值出现在1979年。21世纪初开始,降水量振荡幅度增大,峰值出现在2014年(图1b)。6月降水量在2010年以前变化相对平稳,之后振荡逐渐加强,2000~2010年变化剧烈,谷值出现在1982年,峰值出现在2009年(图1c)。7月降水量阶段性变化特征不明显,年际间振荡特征较强,除1995~2005年间振荡稍弱外,其余时间振荡幅度均较大,谷值出现在2007年,峰值出现在1991年(图1d)。8月降水量变化最不稳定,1971~1980年降水量年际间波动小,1981年开始急转为剧烈振荡,而进入21世纪,振荡又明显减弱,且2005~2010年维持较低水平,谷值出现在1989年,峰值出现在1985年(图1e)。9月降水量阶段性变化特征明显,1971~1980年际间波动幅度大,1980~1995,降水量变化相对稳定,但在1994年出现峰值,1995~2010持续较低水平,期间波动幅度前大后小,并在2002年出现谷值,2010年后又转为大幅度振荡状态(图1f)。利用Mann-Kendall趋势检验法,研究区生长季及各月降水量在研究期间均未发生突变。

单站各月降水量演变趋势与研究区各月呈一致变化,5~7月大部站点降水量为增多趋势,少数站点呈微弱减少趋势,且零散分布在研究区;8月40个站点降水呈增多趋势,38个站点为减少趋势;9月则多数站点降水量减少。

气候变率能够很好描述变量围绕平均值变化的离散程度,本文比较不同月份降水量变化相对平稳时期与变化较大时期的降水变率(V),由表1可知,各月降水量变化相对平稳期与变化相对较大期比较,降水变率差异较大,均在103%以上,其中8月差异最大,后者较前者降水变率大226%,这进一步说明8月降水振荡最显著。

从年代际变化看(表2),1971~2018年生长季内大部时间降水量年代际间呈小幅变化,总体表现为增多-减少-增多趋势,1971~1980年降水相对较少,1981~2000年降水处于较高水平,其中又多以1981~1990年的降水量偏多,21世纪最初表现为少水特征,大部时间降水量少于1991~2000年,而2011~2018年又出现一个升高变化,尤其5、6、9月降水量增加较为明显,除7、8月外,其余月份2011~2018年平均降水量均为研究期内最高值。

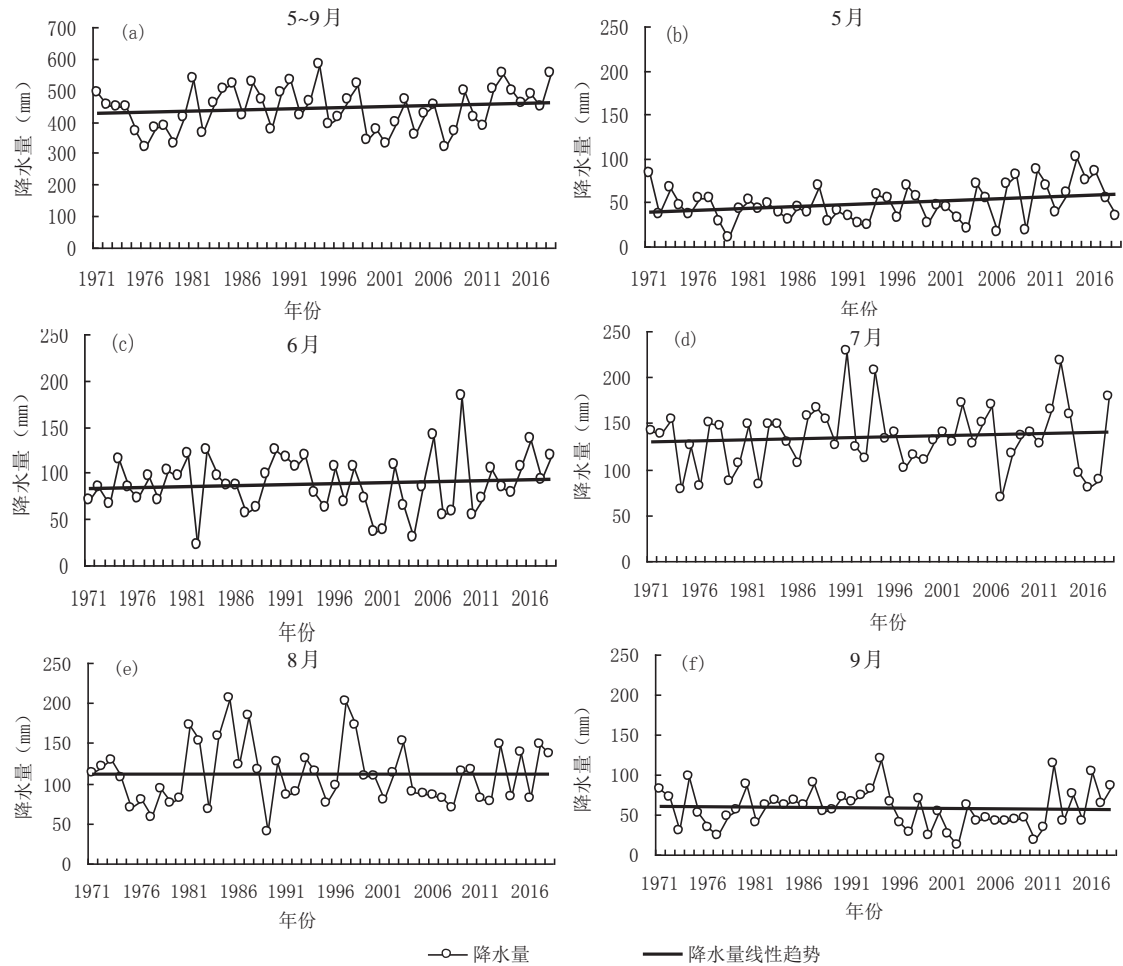


图1 1971~2018年研究区降水量变化

表1 研究区作物生长季内各月降水量变化相对平稳期与变化较大期降水变率及比较

时间	5月	6月	7月	8月	9月
变化相对平稳期	1980~2002年	1971~1980年	1995~2006年	2004~2012年	1995~2010年
降水变率 V_1 (%)	13.2	16.2	21.9	16.7	16.7
变化相对较大期	2003~2016年	2001~2010年	2007~2018年	1980~1989	2011~2016年
降水变率 V_2 (%)	27.6	48.9	44.4	54.5	34.6
$(V_2 - V_1) / V_1$ (%)	109	203	103	226	107

表2 1971~2018年研究区作物生长季及各月降水量年代际变化

时段及比较	5月	6月	7月	8月	9月
A(1971~1980年)	46.1	86.3	121.0	92.3	58.5
B(1981~1990年)	43.4	88.2	136.8	134.9	63.0
C(1991~2000年)	43.0	87.4	140.1	118.8	62.1
D(2001~2010年)	49.4	81.5	135.4	99.2	38.0
E(2011~2018年)	65.4	99.7	139.1	112.6	70.3
B-A	-2.7	1.9	15.8	42.6	4.5
C-B	-0.4	-0.8	3.3	-16.1	-0.9
D-C	6.4	-5.9	-4.7	-19.6	-24.1
E-D	16.0	18.2	3.7	13.4	32.3

2.2 降水量空间演变特征

1971~2018年间,研究区作物生长季降水量呈东西少、中部多的态势,高值区分布在研究区中部,降水量在450 mm以上,高值中心处于小兴安岭伊春地区,以伊春站为中心向四周扩展,南至五常站,北临逊克站,而萝北、汤原、海林一线以东及克东、明水、兰西、双城以西区域降水量不足450 mm,其中松嫩平原西部及漠河站、呼玛站降水量较少,在400 mm以下,最低值出现于松嫩平原西部的泰来站。

5月降水量呈西少、中东部多的经向特征,表现为由西至东逐渐增多趋势,松嫩平原西部降水量最少,不足40 mm,降水最低值出现于泰来站,

松嫩平原东部及大小兴安岭大部地区降水处于中间状态,高值区处于逊克、庆安、双城一线以东区域,降水量在50 mm以上,最高值出现于牡丹江地区的绥芬河站。

6月降水量呈东西少、中部多的空间分布态势,降水中心处于伊春地区,以铁力站为高值中心向四周扩展,降水量在90 mm以上,其他区域降水量不足90 mm,其中三江平原东北部、松嫩平原中西部局地及漠河站、呼玛站、逊克站降水量在80 mm以下,漠河站出现降水最低值。

7月降水量呈西多东少趋势,高值区处于松嫩平原东部、小兴安岭南部,高值中心较6月南移,出现于哈尔滨地区的巴彦站,降水量以巴彦站为中心向外围呈逐渐减少态势,量值在150 mm以上,松嫩平原西部、大兴安岭大部、小兴安岭北部及三江平原西部和牡丹江的边缘区域降水量在120~140 mm,低值区位于三江平原中部,降水量不足120 mm,最低值出现于大兴安岭漠河站。

8月降水量的空间分布与6月相似,呈东西少、中部多态势,高值中心出现于伊春站,高值区降水量在120 mm以上,而低值区位于松嫩平原西部,降水量不足100 mm,低值中心出现于泰来站。

9月降水量经向分布不显著,总体存在由西南至东北逐渐增多态势,高值区位于小兴安岭、三江平原,降水量在60 mm以上,最高值出现于三江平原抚远站,松嫩平原西南部为低值区,泰来站降水量最少,为39 mm。

2.3 不同月份降水量比较

分析黑龙江省生长季内不同月份降水量变化可见(图2),研究区生长季内各月降水量平均值、最小值、最大值为同步变化态势,均遵循“抛物线”型分布,降水的量值均为逐渐增加又减少,5月最少,9月次之,6~8月降水量明显偏多,最高值出现在7月,可见降水主要集中于夏季,且以盛夏

7月最为集中,这与姜丽霞等^[3]、陈立亭等^[16]研究结果一致。

3 结论与讨论

(1)1971~2018年间,研究区作物生长季降水量随时间总体呈增多趋势,其中5~8月与生长季降水同步震荡,9月则呈减少趋势。单站各月降水量演变趋势与研究区各月呈一致变化。

(2)1971~2018年间,研究区作物生长季及各月降水量总体中部偏多,空间分布略有差异,生长季、6月、8月呈一致变化,表现为东西少、中部多的分布态势,5月为西少、中东部多,7月为西多东少,而9月经向分布特征不明显。

(3)从生长季内不同时间降水量的分布看,降水量呈“抛物线”型变化,主要出现于夏季且集中于盛夏7月,6月、8月次之,此种分布态势可称为“双刃剑式”分布,一方面,夏季降水充沛,同时该时期恰为热量条件适宜时期,雨热同季的气候条件对粮食生产十分有利,良好的温水匹配条件利于作物生长发育和产量形成;但另一方面,夏季也会出现干旱或洪涝灾害^[4,17],此时黑龙江省主栽作物处于旺盛生长时期,尤其7月玉米处于拔节抽雄期,水稻处于孕穗抽穗期,大豆处于开花结荚期,上述发育期均为各作物从营养生长向生殖生长过渡时期,为各作物最关键的时期,此期遭遇旱涝灾害对作物生长发育和产量形成会造成巨大负效应影响,因此,从气象角度来说,黑龙江省夏季尤其7月为粮食生产中最重要时期,该时期内降水对粮食作物生长、农业管理者决策以及生产者安排农事活动等均十分重要,值得关注。

(4)现阶段黑龙江省仍为雨养农业,各地降水资源的分布是农业生产规划的主要参考,各种作物种植布局应根据作物生长特性、区域的水资源状况以及降水特点进行优化,以最大限度地合理利用气候资源,从而趋利避害,达到稳产高产。从本文研究结果来看,三江平原多数时间降水条件较好,适宜种植水稻,而松嫩平原尤其西南部地区降水偏少,可考虑增加种植耐旱作物。另外,夏季极端降水时间、降水落区、降水分布的精细化分析及生长季降水对粮食产量的影响,本文未做探讨分析,此部分工作有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 陈莉,方丽娟,李帅.东北地区近50年农作物生长季干旱趋势研究[J].灾害学,2010,25(4):5-10.(下转第150页)

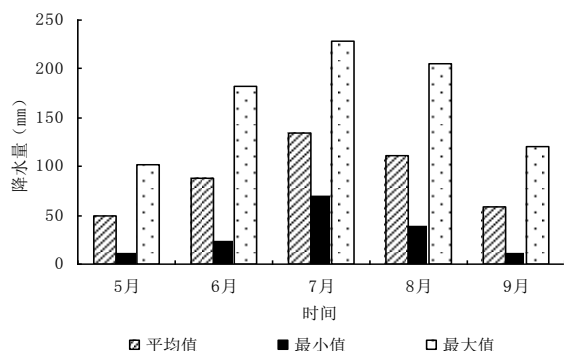


图2 研究区作物生长季内各月平均降水量变化

- High-Gradient Magnetic Field on Electrical Property of Carbon Nanotube-Polypyrrole Composite; Nanotube Separation Mechanism[J]. Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, 2018, 31: 327-336.
- [34] 张琳,余雅旋,吴仁智,等.高梯度磁分离预处理船舶压载水实验研究[J].广东化工,2017,44(17):69-71.
- [35] 赵亮,邓堃,孙文强,等.用高梯度磁分离技术控制钢铁企业颗粒物的分析[J].冶金能源,2016,35(2):59-64.
- [36] Yang L, Fu Q, Fu H. Preparation of novel hydrophobic magnetic Fe_3O_4 /waterborne polyurethane nanocomposites[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2020, 137(15): 48546.
- [37] Xiaoyue Chen, Huaili Zheng. Magnetic flocculation of anion dyes by a novel composite coagulant[J]. Desalination and Water Treatment, 2019, 143: 282-294.
- [38] Wang S K, Wang F, Stiles A R, et al. Botryococcus braunii cells: Ultrasound-intensified outdoor cultivation integrated with in situ magnetic separation[J]. Bioresource Technology, 2014, 167: 376-382.
- [39] Bauer L M, Costa J a V, Da Rosa A P C, et al. Growth Stimulation and Synthesis of Lipids, Pigments and Antioxidants with Magnetic Fields in Chlorella Kessleri Cultivations[J]. Bioresource Technology, 2017, 244(2): 1425-1432.
- [40] Hena S, Fatimah N, Tabassum S, et al. Magnetophoretic Harvesting of Freshwater Microalgae Using Polypyrrole/ Fe_3O_4 Nanocomposite and Its Reusability[J]. Journal of Applied Phycology, 2016, 28(3): 1597-1609.
- [41] Zhang X, He X, Wei M, et al. Magnetic Flocculation Treatment of Coal Mine Water and a Comparison of Water Quality Prediction Algorithms[J]. Mine Water and the Environment, 2019, 38(2): 391-401.
- [42] Fathi A, Mohamed T, Claude G, et al. Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate[J]. Water Research, 2006, 40(10): 1941-1950.
- [43] Alimi F, Boubakri A, Tlili M M, et al. A comprehensive factorial design study of variables affecting CaCO_3 scaling under magnetic water treatment[J]. Water science and technology: A journal of the International Association on Water Pollution Research, 2014, 70(8): 1355-1362.
- [44] 胡家玮,李军,卞伟.城市废水磁混凝预处理及其表征分析[J].给水排水,2014(S1):221-225.
- [45] Gang T, Ping Y, Jibai W, et al. Factors Influencing Flocculation of Superconducting Magnetic Separation Process[J]. Environmental Science & Technology, 2018, 41(7): 60-64.
- [46] Feng L, Zheng H, Tang X, et al. The investigation of the specific behavior of a cationic block structure and its excellent flocculation performance in high-turbidity water treatment[J]. RSC Advances, 2018, 8: 15119-15133.
- [47] Liu Y, Zheng H, Wang Y, et al. Synthesis of a cationic polyacrylamide by a photocatalytic surface-initiated method and evaluation of its flocculation and dewatering performance: nano- TiO_2 as a photo initiator[J]. RSC Advances, 2018, 8(50): 28329-28340.

(责任编辑:王丝语)

(上接第119页)

- [2] 陈健,赵克崴,连萍,等.黑龙江省2018年后春降水及干旱变化特征分析[J].黑龙江气象,2018,35(3):1-2,5.
- [3] 姜丽霞,陈可心,刘丹,等.2013年黑龙江省主汛期降水异常特征及其对作物产量影响的分析[J].气象,2015,41(1):105-112.
- [4] 姜丽霞,吕佳佳,曲辉辉,等.黑龙江省玉米生长期冷害与干旱混合发生对产量的影响[J].灾害学,2019,34(4):6-13.
- [5] 周瑾,祖世亨.“98”嫩江特大洪涝对大庆市粮食产量的影响[J].黑龙江气象,1999(4):34-37.
- [6] 马晓刚,李凝,周斌,等.干旱对阜新粮食产量的影响研究[J].灾害学,2019,34(1):139-144.
- [7] 李永和,石亚月,陈耀岳.试论洪涝对水稻的影响[J].自然灾害学报,2004,13(6):83-87.
- [8] 邱美娟,王冬妮,王美玉,等.近35年吉林省玉米气候适宜度及其变化[J].东北农业科学,2019,44(1):70-78.
- [9] 高迎娟,崔金平,王智宇,等.通化冰雹发生规律及防御上的几点思考[J].东北农业科学,2018,43(6):49-52.
- [10] 纪瑞鹏,于文颖,武晋雯,等.气候平均值变化对辽宁水稻延迟型冷害评估结果的影响[J].应用生态学报,2015,26(6):1695-1703.
- [11] 许晖,王丽伟,徐昕,等.近55年吉林省霜期的气候变化特征[J].东北农业科学,2020,45(2):83-86,90.
- [12] 邱美娟,王冬妮,王美玉,等.近几十年吉林省水稻品质气候资源变化状况[J].东北农业科学,2018,43(2):54-59.
- [13] 王萍,李秀芬,姜丽霞,等.气候变化背景下黑龙江省主栽作物稳产类型区划[J].东北农业科学,2019,44(4):85-88.
- [14] 孙凤华,杨素英,陈鹏狮.东北地区近44年的气候暖干化趋势分析及可能影响[J].生态学杂志,2005,24(7):751-755.
- [15] 姜丽霞,李帅,纪仰慧,等.1980-2005年松嫩平原土壤湿度对气候变化的响应[J].应用生态学报,2009,20(1):91-97.
- [16] 陈立亭,孙玉亭.黑龙江省气候与农业[M].北京:气象出版社,2000:1-98.
- [17] 姜丽霞,朱海霞,闫敏慧,等.黑龙江省主汛期异常降水变化及其与洪涝的关系研究[J].灾害学,2019,34(2):1-6.

(责任编辑:王丝语)