

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.
[JIANG Lixia, ZHU Haixia, YAN Minhui, et al. Changes of Abnormal Rainfall and Relationship between Precipitation and Flood During Main Flood Season of Heilongjiang Province [J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(2): 1-6. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.001.]

黑龙江省主汛期异常降水变化及其与洪涝的关系研究*

姜丽霞¹, 朱海霞¹, 闫敏慧², 闫平¹, 王暲暲¹, 韩俊杰¹,
高明³, 吕佳佳¹, 纪仰慧¹, 王萍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, 黑龙江哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省气象服务中心, 黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 黑龙江省气象局, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 利用黑龙江省80个气象站1971-2016年6-8月逐日降水资料, 参考国家标准规定大雨、暴雨为异常降水, 采用数理统计方法, 分析了黑龙江省主汛期内(6-8月)异常降水的变化特征, 并构建了异常降水量与洪涝面积的相关关系。结果表明: 1971-2016年间, 研究区主汛期内异常降水在时间上呈现非连续性发生特征, 空间上呈现分散性特征, 上述特征在相同时间内暴雨较大雨更为突出, 不同时间内6月最显著, 而7月异常降水相对集中; 研究期间, 研究区各站主汛期内异常降水量呈大幅度波动变化, 年际间振幅大, 相同时间内暴雨事件降水量震荡更强, 不同时间内大雨事件主汛期降水量变化最剧烈、暴雨事件7月降水量变化最剧烈。异常降水量在空间分布上存在差异, 高值区主要分布在松嫩平原, 松嫩平原为异常降水多发区域; 1971-2016年间, 研究区6月异常降水与洪涝相关不显著, 主汛期、7月和8月大雨或暴雨事件的降水量均与洪涝面积具有极显著的正相关关系($P < 0.01$), 表明异常降水对洪涝面积为正效应影响作用, 其中主汛期大雨对洪涝影响最显著, 7月大雨、暴雨影响均较显著。

关键词: 主汛期; 异常降水; 洪涝灾害; 黑龙江

中图分类号: X43; X915.5; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2019)02-0001-06
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.001

在多种气象灾害所产生的影响中, 以洪涝灾害最为严重^[1], 而降水与洪涝的关系密不可分^[2], 因此降水一直倍受各国科学家的关注, 并在各个领域中被广泛而深入地研究。对于肩负着保障国家粮食安全重任的黑龙江省, 降水的变化对粮食生产具有至关重要的作用, 由于黑龙江省处于中高纬度区域, 受大陆性季风气候影响, 气候脆弱多变, 主汛期易发生大雨、暴雨等异常降水事件, 加之其境内水系丰富, 则较易引发洪涝灾害而对粮食生产造成威胁, 1998年、2013年即为异常降水引发洪涝并导致粮食减产的典型年份^[3-4], 因此研究明确主汛期异常降水变化特征及其与洪涝的关系, 对粮食生产趋势避害、防灾减灾意义重大。

关于不同地域、不同时期的降水, 国内外许多专家和学者进行了多角度、多方面的深入研究,

在降水的时空分布、演变趋势、机制成因、异常变化、极端事件等方面积累了大量研究成果^[5-11]。Buffoni等^[12]基于百年资料分析表明, 意大利在不同季节、不同区域的降水呈减少趋势; Pavel等^[13]早在20世纪末即将强降水概率的变化作为研究气候变化的一个重要指标; Timothy等^[14]对英国日降水量强度的分析发现, 在长期的背景下, 英国夏季强降雨对于季节总降水量的贡献在1960年代后仍占主导地位。国内专家学者对主要流域、区域及省级降水的研究比较集中, 研究的方向、目标、内容、时间尺度等呈多样性, 分析较为细致, 并取得了长足的进展^[15-19]。对于异常降水的研究表明, 全国大部区域各有特点^[20], 中国东北地区年内极端强降水事件最集中, 而西北西部最分散^[21]; 相关报道指出, 1931、1954、1998年长江流域的

* 收稿日期: 2018-10-31 修回日期: 2019-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31671575、31671576); 黑龙江省气象局科技项目(HQZC2016015)

第一作者简介: 姜丽霞(1972-), 女, 吉林德惠人, 硕士, 正研级高级工程师, 主要从事应用气象和气候资源的相关研究。

E-mail: hljlxs@163.com

通讯作者: 王萍(1976-), 女, 辽宁锦州人, 硕士, 主要从事应用气象和气候资源的相关研究。E-mail: nqzxwp@163.com

降水都异常偏多,降水持续时间长,暴雨、大暴雨频繁,降水强度高,累积降水量大^[22];2003年淮河流域的降水特点为强降水过程接连出现,雨带稳定,暴雨集中^[23],2013年黑龙江省夏季的异常降水主要表现为雨日多、大范围连续强降水密集,降水量异常偏多,达历史极值^[4],在上述年份里,相应区域均发生了洪水,并引发了洪涝灾害,而对于粮食主产区的黑龙江省,洪涝灾害更是导致粮食产量大幅减少。

如上所述,尽管以往已对降水进行了大量研究,但相比之下,对于黑龙江省主汛期即粮食生产关键期异常降水的变化及其与洪涝关系的研究仍未见详细报道。基于此,本文利用黑龙江省1971–2016年主汛期日降水资料,分析异常降水变化特征,并探讨其与洪涝的关系,以期为保障国家粮食安全以及促进农业经济可持续发展提供气象参考。

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80个气象站1971–2016年主汛期(6–8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。洪涝面积数据主要来源于中国种植业信息网历史自然灾害数据库(<http://zzys.agri.gov.cn/>)及《黑龙江统计年鉴》,时间为1978–2015年。为了更好地分析异常降水的变化特征,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(图1)。

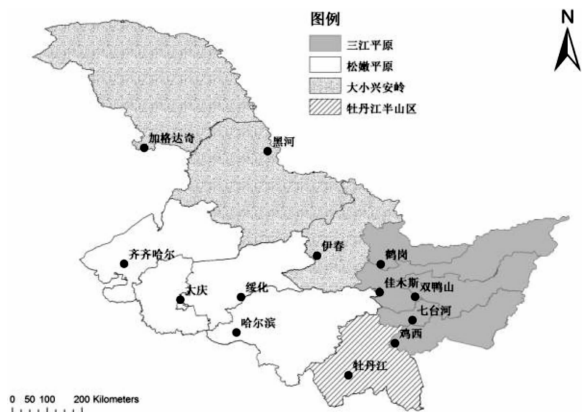


图1 研究区站点分布示意图

黑龙江省的主汛期即气象定义上的夏季,也是黑龙江省作物生长关键时期,时间为6–8月,本文研究的时间段包括6月、7月、8月、6–8月(即主汛期),以 R 代表6–8月的逐日降水量,参照中华人民共和国国家标准(GB/T 28592—2012)

的规定^[25],本文将 $25\text{ mm} \leq R < 50\text{ mm}$ 定义为大雨事件,将 $\geq 50\text{ mm}$ 定义为暴雨事件,并将 $\geq 25\text{ mm}$ 的降水均定义为异常降水。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1971–2016年每年6–8月的 $25 \leq R < 50\text{ mm}$ 或 $\geq 50\text{ mm}$ 的日降水量提取并分别累积,再根据研究需求对研究区或单站的不同等级降水量进行相关统计,同时计算大雨或暴雨发生年数或站数。

以SPSS statistics 17.0处理软件进行数据分析,采用线性气候倾向率、统计回归等方法,研究异常降水的变化趋势和特征,分析异常降水与洪涝的相关关系。

2 结果与分析

2.1 主汛期异常降水的发生概况

统计数据显示,1971–2016年研究区主汛期异常降水的发生在时间上呈现非连续性特征。46年间,主汛期、6月、7月、8月研究区发生大雨事件依次为35~46年、9~27年、23~41年、16~32年,除铁力站、哈尔滨站主汛期的大雨事件46年连续发生外,其它时间内全研究区大雨事件均未连续发生;暴雨事件全研究区均呈非连续性发生特征,其发生年数依次为8~29年、0~8年、4~17年、3~15年。

研究区异常降水在空间上呈现分散性特征。研究期间,研究区主汛期、6月、7月、8月发生大雨事件分别有60~80站、4~51站、32~76站、23~69站,其中仅1981、1991、2009年的主汛期为全研究区80站均有发生;发生暴雨事件分别有14~55站、0~19站、3~39站、2~39站,可见各时间段内均有未发生暴雨事件的站点。

2.2 主汛期异常降水量变化

2.2.1 主汛期大雨事件的降水量变化

1971–2016年,研究区各站主汛期及各月大雨事件的降水量呈波动变化,由图2a可见,主汛期大雨事件的降水量为 $25.0 \sim 344.1\text{ mm}$,各站最大值的变幅较大,在 $145.8 \sim 344.1\text{ mm}$ 之间变化,峰值出现在鹤岗站(2009年,该年主汛期共计出现大雨事件10次);最小值变化幅度较小,为 $25.0 \sim 47.1\text{ mm}$,谷值出现在宁安、五营、桦南、同江、密山、宝清、齐齐哈尔等7站(时间分别为1973、1998、1976、1989、2011、2001、1982年)。由降水量中间值的位置也可看出降水量波动较大,各站50%年份降水量集中于 $32.9 \sim 174.1$

mm、75%以上年份的降水量 > 32.9 mm、25%以上年份的降水量 > 74.5 mm。

6月各站大雨事件的降水量为 25.0 ~ 166.2 mm, 最大值变幅较大, 在 36.4 ~ 166.2 mm, 峰值出现在青冈站(2009 年, 共计出现大雨事件 5 次); 最小值呈极微弱变化, 为 25.0 ~ 28.8 mm, 谷值出现在鹤岗、抚远、望奎、绥化、巴彦、桦川、桦南、肇州、呼兰、方正等 10 站(时间分别为 2004、1976、1974、1990、1995、2014、1976、2002、1990、1980 年)。由降水量中间值的位置可知 6 月降水量波动相对不大, 各站 50% 年份降水量集中于 26.0 ~ 74.3 mm、75% 以上年份的降水量 > 26.0 mm、25% 以上年份的降水量 > 33.9 mm(图 2b)。

7月各站大雨事件的降水量为 25.0 ~ 225.5 mm, 最大值震荡剧烈, 在 79.2 ~ 225.5 mm, 峰值出现在青冈站(2013 年, 共计出现大雨事件 7 次); 各站最小值变化幅度仅有 3 mm, 为 25.0 ~ 28.0 mm, 谷值出现在黑河、伊春、同江、桦南、宝清、密山、绥芬河等 7 站(时间分别为 2004、1976、1989、1986、2001、2011、1999 年)。由降水量中间值的位置可知 7 月降水量波动较大, 各站 50% 年份降水量集中于 27.9 ~ 107.2 mm、75% 以上年份的降水量 > 27.9 mm、25% 以上年份的降水量 > 44.5 mm(图 2c)。

8月各站大雨事件的降水量为 25.0 ~ 243.6 mm, 最大值呈现大幅度振荡变化, 为 68.9 ~ 243.6 mm, 峰值出现在龙江站(1998 年, 共计出现大雨事件 7 次); 最小值呈极微弱变化, 为 25.0 ~ 28.5 mm, 谷值出现在加格达奇、北安、齐齐哈尔、五营、安达、兰西、饶河、哈尔滨、宁安等 9 站(时间分别为 1997、1995、1982、1998、1985、1981、1989、2008、1973 年)。由降水量中间值的位置可看出 8 月

降水量波动较大, 各站 50% 年份降水量集中于 27.4 ~ 95.4 mm、75% 以上年份的降水量 > 27.4 mm、25% 以上年份的降水量 > 39.0 mm(图 2d)。

由图 2a ~ 图 2d 也可看出降水变化的空间分布存在极大差异性。主汛期及 6 月、7 月、8 月大雨事件降水量最大值的高值区均主要分布在松嫩平原和三江平原北部。各时间段均表征为松嫩平原部分站点及其它区域部分站点降水量变化幅度大, 而变化相对稳定的站点零散分布在不同区域。

2.2.2 暴雨事件的降水量变化

1971 ~ 2016 年, 研究区各站主汛期及各月暴雨降水量呈大幅度波动变化, 由图 3a 可见, 主汛期暴雨降水量为 50.0 ~ 323.2 mm, 各站最大值波动剧烈, 在 97.3 ~ 323.2 mm 之间震荡, 峰值出现在阿城站(1994 年, 该年共出现暴雨事件 4 次); 最小值变化相对稳定, 变幅仅为 8.7 mm, 谷值出现在明水、延寿、虎林等 3 站(时间分别为 2012、1980、1974 年)。由降水量中间值的位置也可看出暴雨事件的降水量波动较大, 各站 50% 年份降水量集中于 51.8 ~ 179.0 mm、75% 以上年份的降水量 > 51.8 mm、25% 以上年份的降水量 > 63.8 mm。

研究期间, 6 月各站暴雨事件较少, 约 78% 站点出现暴雨事件的年数少于 5 年, 其中漠河、乌伊岭、依兰、阿城等 4 站未出现暴雨事件, 41 站出现暴雨事件仅 1 ~ 2 年(图略)。6 月暴雨降水量为 50.0 ~ 215.0 mm, 峰值出现在富裕站(2009 年, 共计出现暴雨事件 2 次); 谷值出现在虎林站(1974 年)。

7 月各站暴雨降水量为 50.0 ~ 323.2 mm, 最大值震荡剧烈, 在 80.6 ~ 323.2 mm, 峰值出现在阿城站(1994 年, 该年共出现暴雨事件 4 次); 各站最小值变幅较小, 为 50.0 ~ 55.6 mm, 明水、延

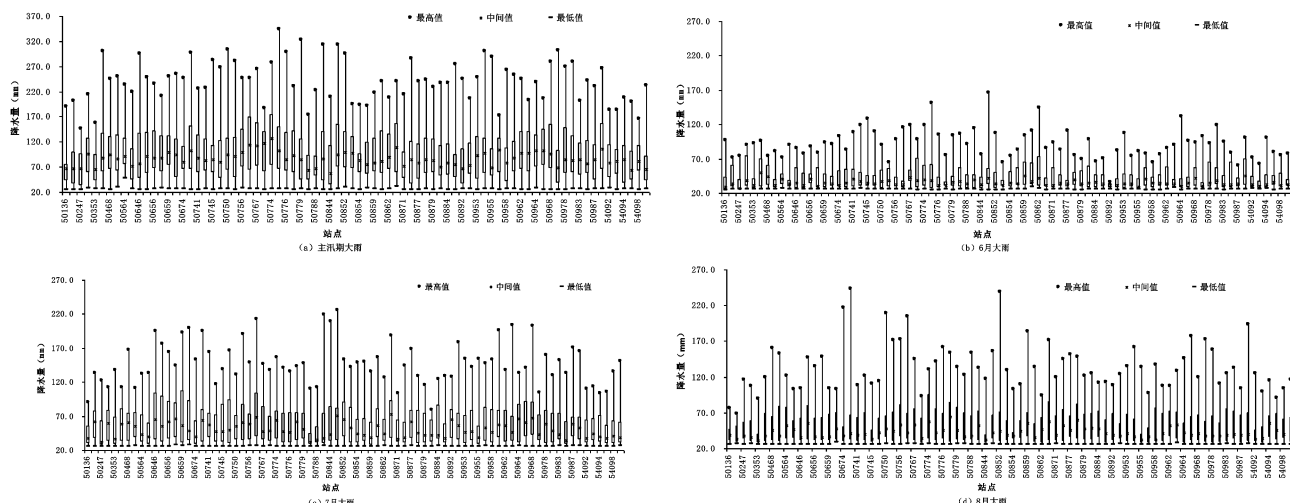


图2 1971 ~ 2016 年研究区主汛期及 6 月、7 月、8 月大雨事件的降水量变化

寿、密山等 3 站出现谷值(时间分别为 2012、1980、1984 年)。由降水量中间值的位置可以看出 7 月降水量振幅较大,各站 50% 年份降水量集中于 50.2 ~ 133.6 mm、75% 以上年份的降水量 > 50.2 mm、25% 以上年份的降水量 > 58.6 mm(图 3b)。

8 月各站暴雨降水量为 50.0 ~ 272.7 mm,最大值震荡极剧烈,为 54.8 ~ 272.7 mm,峰值出现在宾县站(1981 年,共计出现暴雨事件 3 次);最小值呈小幅度变化,为 50.0 ~ 63.2 mm,谷值出现在漠河站(1977 年)。由降水量中间值的位置可看出 8 月降水量波动较大,各站 50% 年份降水量集中于 51.5 ~ 127.7 mm、75% 以上年份的降水量 > 51.5 mm、25% 以上年份的降水量 > 54.5 mm(图 3c)。

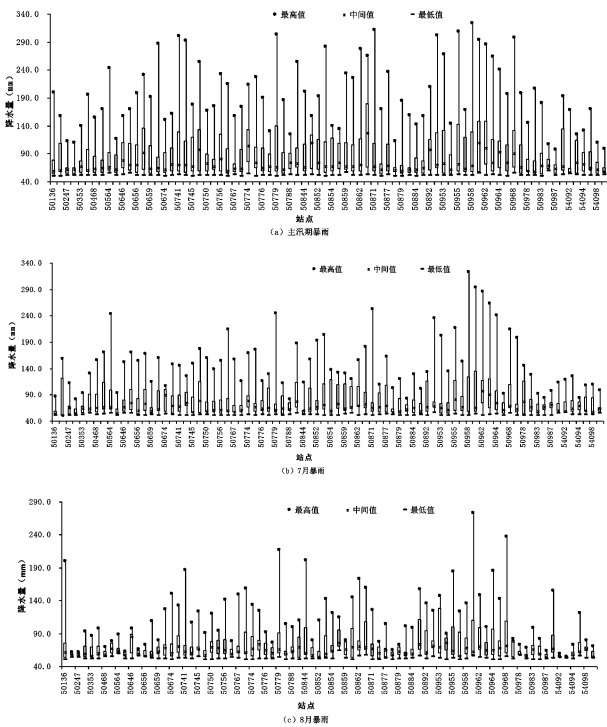


图 3 1971 - 2016 年研究区主汛期及 7 月、8 月暴雨事件的降水量变化

暴雨降水量变化的空间分布与大雨相似(图 3a

~图 3c),不再赘述。

2.3 异常降水与洪涝面积的相关关系

研究表明,异常降水是导致黑龙江省发生洪涝灾害的主要因子之一^[4],因此基于本文提取的长序列数据,探究大雨、暴雨降水量与洪涝面积的相关关系,对于揭示异常降水对洪涝的影响意义较大。由于本文获取的是全研究区的洪涝面积,因此需对降水量进行平均处理,在进行全区平均处理时,剔除掉未出现大雨、暴雨事件的站点后再平均,以确保数据的合理性和准确性。采用统计回归方法分别构建 4 个时间段的大雨、暴雨降水量与洪涝面积的相关关系,结果见表 1,表 1 中回归方程 y 为洪涝面积, x 为各时间段内大雨或暴雨降水量。由表可见,除了 6 月,研究区主汛期、7 月和 8 月大雨或暴雨的平均降水量分别与洪涝面积存在极显著的正相关关系($P < 0.01$),随着大雨或暴雨降水量的增加,洪涝面积呈升高趋势,说明异常降水对洪涝面积为正效应影响作用。比较来看,大雨对洪涝影响更显著,其中主汛期大雨最显著;单看暴雨,7 月影响最显著;单看月份,7 月影响最显著。

3 讨 论

由于黑龙江省的大雨、暴雨事件呈现非连续性及分散性特征,以常用的“多年平均”或“多站平均”分析大雨、暴雨事件的时空变化,极易产生系统误差而无法准确表征其发生特征。因此本文未采用“平均值”方法分析其时空变化特征。周自江等^[22]在分析 1998 年长江流域降水时特别分析了最大日降水量,并指出最大日降水量可作为降水强度和暴雨灾害的一项重要指标,因此一段时间内的最大降水量从某种程度上也可作为反映异常降水状况的指标。本文采用箱形图分析降水数据,恰

表 1 研究区主汛期及 6 月、7 月、8 月异常降水与洪涝面积的相关关系

时间	等级	回归方程	R^2	F	F_0	样本数
主汛期	大雨	$y = 51.986x - 3687.2$	0.591 **	51.917	7.39	38
	暴雨	$y = 42.282x - 2245.1$	0.215 **	9.874	7.39	38
6 月	大雨	—	0.014	0.514	7.39	38
	暴雨	—	0.024	0.896	7.39	38
7 月	大雨	$y = 85.963x - 3598.9$	0.477 **	32.837	7.39	38
	暴雨	$y = 55.855x - 2853.6$	0.239 **	11.283	7.39	38
8 月	大雨	$y = 53.568x - 1368$	0.195 **	8.708	7.39	38
	暴雨	$y = 72.086x - 3558.4$	0.224 **	10.412	7.39	38

注: ** 为通过 0.01 显著性检验, “—”表示该时间段异常降水量与洪涝面积不存在相关关系。

能表达单站大雨和暴雨事件的最大值,并能指示降水量的最小值及集中范围,这在一定程度上能够很好揭示单站异常降水在研究期内的发生状况。箱形图的优点在于能够准确表征单站研究期内所有数据的离散状况,并且能够快速识别异常值(如最大值、最小值),其缺点是无法显示每个降水量所对应的时间,需结合大雨、暴雨事件发生的年数及年份进行分析。

数据显示,研究期内,除主汛期哈尔滨站和铁力站的大雨事件连年发生外,其它时间段均无任何站点有大雨、暴雨事件在 46 年间连续发生,因此,为了保证分析的科学性和可信度,本文选取上述 2 个降水连续的站点进行降水量长期变化分析,结果表明,1971—2016 年,哈尔滨站和铁力站主汛期大雨事件的降水量存在减少趋势,但变化不显著($P > 0.05$),这与姜丽霞等^[4]、贺伟等^[24]的研究结论相一致。

4 结 论

(1)1971—2016 年间,研究区主汛期及 6 月、7 月、8 月的异常降水在时间上呈现非连续性发生特征;在空间分布上呈现分散性特征。总体上,相同时间段内,暴雨的非连续性、分散性特征更为突出;不同时间段内,6 月异常降水的非连续性、分散性特征表现最为显著,8 月次之,而 7 月相对集中,这与姜丽霞等^[4]、杨金虎等^[20]的结论相吻合。

(2)研究区各站主汛期、6 月、7 月、8 月异常降水的降水量在研究期间呈大幅度波动变化,年际间震荡剧烈,最大值与最小值偏差为 2.9 ~ 318.4 mm。相同时间段内,暴雨事件降水量较大雨事件震荡更剧烈;不同时间段内,大雨事件以主汛期变化最剧烈,其次为 8 月,暴雨事件则以 7 月最剧烈,其次为主汛期。异常降水空间分布呈不均匀状态,总体来看,各时间段异常降水的高值区均主要分布在松嫩平原,结合各站发生异常降水年数来看,松嫩平原为异常降水多发区域。

(3)1971—2016 年间,研究区 6 月大雨或暴雨事件的降水量与洪涝面积不存在相关关系,主汛期、7 月和 8 月大雨或暴雨事件的降水量均与洪涝面积具有极显著的正相关关系($P < 0.01$),随着大雨或暴雨事件降水量的增加,洪涝面积呈升高趋势,表明异常降水对洪涝面积为正效应影响作用。比较来看,大雨事件相对暴雨事件对洪涝影响更显著。就各月而言,以 7 月影响最显著,这在某种程度上指示出 7 月异常降水的重要作用和影响。

(4)7 月为黑龙江省的盛夏,此时期黑龙江省主栽粮食作物水稻、玉米、大豆恰处于最关键的生长期—营养生长向生殖生长过渡时期,则 7 月降水即成为影响粮食生产的“重要因子”,该时期水分条件的优劣对作物生长发育具有至关重要的作用,降水适宜时促进作物生长,而降水过多时则可能引发洪涝灾害,并对作物生长发育和产量形成不利,因此在进行农业生产规划时,应充分考虑区域气候特征和灾害问题,可根据区域的水资源状况以及降水特点优化作物种植格局,以合理利用气候资源并最大程度趋势避害。从本文研究结果来看,松嫩平原地区异常降水相对多发,可考虑在部分区域尤其低洼区域增加种植玉米等高秆作物,而三江平原、牡丹江半山区大部时间的异常降水相对发生少,且其境内水系条件较好,则可考虑一定程度地增加水稻种植面积。另外,关于异常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] 曹玮. 洪涝灾害的经济影响与防灾减灾能力评估研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2013: 1—110.
- [2] 张录军, 钱永甫. 长江流域汛期降水集中程度和洪涝关系研究[J]. 地球物理学报, 2004, 47(4): 622—630.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 孔锋, 史培军, 方建, 等. 全球变化背景下极端降水时空格局变化及其影响因素研究进展和展望[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 165—174.
- [6] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等. 气候变化国家评估报告(1): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3—8.
- [7] 黄荣辉, 刘永, 冯涛. 20 世纪 90 年代末中国东部夏季降水和环流的年代际变化特征及其内动力成因[J]. 科学通报, 2013, 58: 617—628.
- [8] 孔锋, 王一飞, 吕丽莉, 等. 近百年来全球、大洲和区域尺度降雨时空变化诊断(1900—2010)[J]. 灾害学, 2018, 33(1): 81—88, 95.
- [9] 陈东辉, 汪结华, 宁贵财, 等. 北京市极端降水事件和应对策略分析[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 182—187.
- [10] 翟颖佳, 李耀辉, 施春华. 近 50 年华北区 8 月降水异常的时空特征及其成因分析[J]. 高原气象, 2013, 32(3): 787—797.
- [11] Madsen H, Lawrence D, LANG M, et al. Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe[J]. Journal of Hydrology, 2014, 519: 3634—3650.
- [12] Buffoni L, M Maugeri, T Nanni. Precipitation in Italy from 1833

- to 1996[J]. Theoretical and Applied Climatology, 1999, 63: 33–40, 417–425.
- [13] Pavel Ya. Groisman, Thomas R. Karl, David R. Easterling, et al. Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change[J]. Climatic Change, 1999, 42(1): 243–283.
- [14] Timothy J Osborn, Mike Hulme, Philip D Jones, et al. Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation[J]. International Journal of Climatology. 2000, 20: 347–364.
- [15] 杨晓静, 徐宗学, 左德鹏, 等. 云南省 1958–2013 年极端降水时空变化特征分析[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 178–186.
- [16] 柯丹, 管兆勇. 华中地区夏季区域性极端日降水事件变化特征及环流异常[J]. 气象学报, 2014, 72(3): 478–493.
- [17] 马晓刚, 李凝, 张旭, 等. 阜新夏季异常降水在太阳活动周期的规律研究[J]. 灾害学, 2017, 32(3): 107–111.
- [18] 白美兰, 郝润全, 高建峰, 等. 内蒙古地区极端气候事件分布特征及对农业影响评估[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(2): 21–27.
- [19] 陈丹, 周长艳, 熊光明, 等. 近 53 年四川盆地夏季暴雨变化特征分析[J]. 高原气象, 2018, 37(1): 197–206.
- [20] 王艳姣, 周兵, 司东, 等. 2012 年夏季我国降水异常及成因分析[J]. 气象, 2013, 39(1): 118–122.
- [21] 杨金虎, 李耀辉, 王鹏祥, 等. 中国极端强降水事件年内非均匀性特征分析[J]. 自然资源学报, 2007, 22(4): 623–633.
- [22] 周自江, 宋连春, 李小泉. 1998 年长江流域特大洪水的降水分析[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 287–296.
- [23] 毕宝贵, 矫梅燕, 廖要明, 等. 2003 年淮河流域大洪水的雨情、水情特征分析[J]. 应用气象学报, 2004, 15(6): 681–687.
- [24] 贺伟, 布仁仓, 熊在平, 等. 1961–2005 年东北地区气温和降水变化趋势[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 519–531.
- [25] 乔林, 李延香, 符娇兰, 等. 降水量等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012: 1–2.

Changes of Abnormal Rainfall and Relationship between Precipitation and Flood during Main Flood Seasons of Heilongjiang Province

JIANG Lixia¹, ZHU Haixia¹, YAN Minhui², YAN Ping¹, WANG Liangliang¹,
HAN Junjie¹, GAO Ming³, LV Jiajia¹, JI Yanghui¹ and WANG Ping¹

(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, China; 2. Heilongjiang Meteorological Service Center, Harbin 150030, China; 3. Heilongjiang Province Meteorological Bureau, Harbin 150030, China)

Abstract: Based on daily precipitation data from 80 meteorological stations in Heilongjiang Province from June to August during 1971 to 2016, according to the national standards, heavy rain and rainstorm are defined as abnormal rainfall. Change characteristics of the abnormal rainfall during main flood season (from June to August) of Heilongjiang province is investigated by using the mathematical statistics methods, and then we analyze a correlation between abnormal precipitation and flood areas. The results showed that the temporal occurrence of abnormal rainfall events is discontinuous and it's discrete during main flood season in the research area. Such characteristics of rainstorm are more prominent than characteristics of heavy rain in the same period, and such characteristics of abnormal rainfall in June are most significant in the different period, while abnormal rainfall is relatively intensive in July. During 1971 to 2016, the abnormal precipitation changed greatly during main flood season of each station in the research area, oscillate of inter-annual precipitation is intense and its change range is large. Oscillate of rainstorm precipitation is more intense than oscillate of heavy rain in the same period, and in the different period, heavy rain precipitation changed most dramatically in main flood season and rainstorm precipitation changed most dramatically in July. There were differences in spatial distribution of abnormal precipitation, the regions of most precipitation are located on the Songnen plain, which are the regions of occurrence of abnormal rainfall easily. The correlation between abnormal rainfall and flood area is not significant in June in the research area, but the correlation between abnormal rainfall and flood area is most significant in July, August, and main flood season in the study area, which showed that the abnormal precipitation is favorable to flood area. Heavy rain events had the most significant impact on flood in the main flood season, and the influence of heavy rain and rainstorm on flood in July is more significant.

Key words: main flood season; abnormal rainfall; flood; Heilongjiang