

汪 甫,李凯伟,吴 凡,等. 江西省近 56 年农业气象灾害时空分布特征[J]. 江苏农业科学,2017,45(22):317-323.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.082

# 江西省近 56 年农业气象灾害时空分布特征

汪 甫<sup>1</sup>,李凯伟<sup>1</sup>,吴 凡<sup>2</sup>,杨 华<sup>2</sup>,熊 姗<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学应用气象学院,江苏南京 210044; 2. 江西省气象服务中心,江西南昌 330000)

**摘要:**基于江西省 83 个数据完整的气象站 1960—2015 年间降水、气温的逐日观测资料,选取持续性极端天气日数表征农业气象灾害指标,利用趋势分析、Mann-Kendall 检验方法、Arcgis 空间插值和小波分析方法,统计分析江西省近 56 年农业气象灾害的时间列变化、空间分布和震荡周期。结果表明,近 56 年来江西省持续暴雨、高温呈增加的趋势,在突变年份(1990、2005 年)后波动性增加,年内持续日数增大。灾害严重区域明显增加,以赣东南为中心向西南方向辐射递减,这 2 种灾害应给予足够的关注。存在以 22 年时间尺度为中心的第一主周期震荡,可预测未来 3~5 年内为洪涝灾害多发期和高温热害的少发期;持续低温和干旱整体呈递减趋势,2002 年后干旱日数有增加的趋势,波动性同洪涝和高温。后 25 年低温灾害严重区域明显收缩,北多南少,作物种植北界北移,以 48、21 年为主周期。干旱灾害以赣南地区为重,呈现出扩大的趋势,最大干旱日数由 80 d 增至 88 d。突变年份较多,震荡周以 14、10、2 年为主。未来 3~5 年内为低温灾害和干旱灾害的少发期。总体来看,江西省农业气象灾害的发生在新世纪有增加的趋势,特别是高温灾害和洪涝灾害有明显扩大的迹象。本研究对江西省 56 年来 4 种农业气象灾害的时空分布特征进行分析,可以为江西省农业发展方向、防灾减灾等提供科学依据。

**关键词:**江西省;农业气象灾害;灾害指标;时空分布;震荡周期

**中图分类号:** S165<sup>+</sup>.25 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0317-07

气候变化对农业的影响一直以来都是国内外关注和研究的热点和焦点问题,在当前政治经济等因素都稳定的状况下,气候变化是影响农业生产的重要因素之一。江西省地处长江中下游南岸,是我国农业大省,属中亚热带湿润气候区,优越的气候资源非常适合农作物生长。受气候及地理条件影响,农业气象灾害发生的种类多、分布广、频率高,属全国农业气象灾害最严重的省份之一<sup>[1]</sup>。近些年来,全球气候变暖趋势明显,百年来气温呈现增加的趋势,极端气候增多,灾害性天气也在增加<sup>[2]</sup>。

受季风的年际变化影响,全省不同地区每年都有不同程度的农业气象灾害发生,主要包括低温冷害、暴雨、高温、干旱、台风等,对江西省农业稳定生产造成极大影响。例如,2003 年因干旱导致的农作物受灾面积 105.72 万 hm<sup>2</sup>、绝收面积 24.83 万 hm<sup>2</sup>,粮食减产 244.3 万 t,经济作物损失 31 亿元。全省因干旱直接经济损失 67 亿元,其中农业损失为 55 亿元<sup>[3]</sup>。2012 年 9 月至 2013 年 8 月,江西地区盛夏高温少雨和干旱叠加,水稻、玉米、棉花以及蔬菜、茶叶等作物受灾严重。1991 年 12 月至 1992 年初受强冷空气影响,江西省内出现罕见的冻害,柑橘树梢被冻死,茶叶和越冬油菜大量减产<sup>[4]</sup>。2004 年全省 2 次遭受暴雨至灾洪水,农作物受灾面积 33.89 万 hm<sup>2</sup>,直接经济损失 5.5 亿元。2015 年 5 月 18—19 日江西省南部区域性暴雨,灾情严重,直接经济损失 7.47 亿元<sup>[5]</sup>。因此,分析农业气象灾害的发生发展规律对减轻江西

省农业气象灾害损失及其对策研究具有重要的现实意义。

近年来关于江西省气象灾害的研究已有一定的成果,黄国勤等通过中国农业年鉴资料对江西省 1995—2003 年间的农业气象灾害的至灾、成灾面积和经济损失等进行综合分析,结果表明,1998 年为江西省农业气象灾害重灾年份,1995 年偏重,除 1999、2001 年外,其余年份为一般偏重<sup>[6]</sup>。蔡哲等选用 Z 指数对江西省旱涝时空变化特征的研究表明,旱涝灾害整体表现为增加的趋势,存在旱涝交替循环、年代际变化明显的现象<sup>[7]</sup>。关于茶叶<sup>[8]</sup>、水稻<sup>[9]</sup>、蜜橘<sup>[10]</sup>等农作物的气象灾害指标及时空分布特征的研究也有一定的报道。近几十年来,低温灾害有减小的趋势,高温热害则先减后增,且各灾害震荡周期明显。但这些研究多集中于对极端气象事件<sup>[11-13]</sup>和基于统计年鉴的气象灾害至灾成灾数据的分析<sup>[6,14-15]</sup>,并不能全面反映极端天气对农业生产的影响。

本试验选取能描述极端气象事件的持续性指标,研究农业气象灾害中的高低温和旱涝灾害在江西省的时空分布特征,以期在全球气候变暖导致极端气象条件频发的背景下,为江西省农业生产指导、防灾减灾提供科学依据。

## 1 数据来源与方法

### 1.1 气象资料来源

本研究选取国家气象信息中心气象资料室提供的江西省 83 个气象站(去除缺测值较多的站点后)1960—2015 年逐日的气温(每日的最低最高气温和最低气温)及降水观测数据(每日 20—20 时的 24 h 累积降水量)。各站点海拔及分布如图 1 所示。

### 1.2 农业气象灾害指标

持续性的极端天气是影响植物生长发育的重要影响因

收稿日期:2017-02-27

基金项目:江苏省科技支撑项目(编号:BE2015693)

作者简介:汪 甫(1987—),男,江西景德镇人,硕士,工程师,从事气象科学研究以及气象服务工作。E-mail:390600859@qq.com。

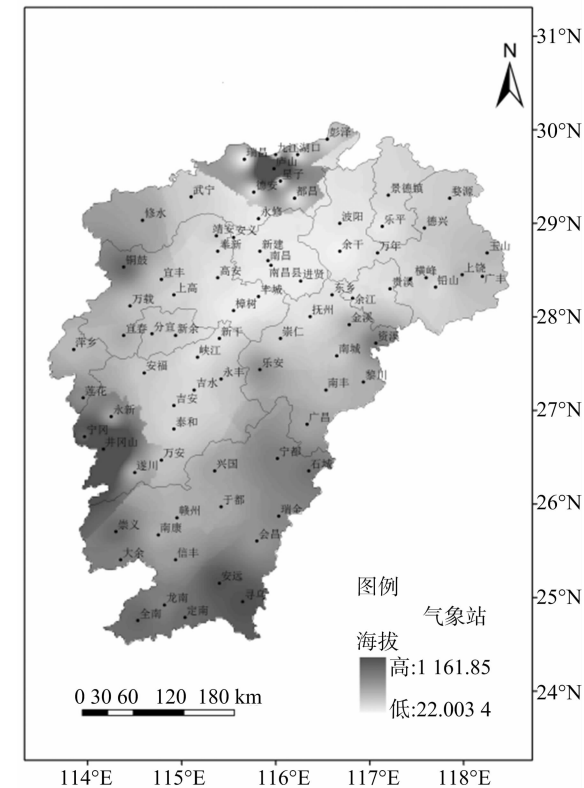


图1 研究站点海拔及分布

表 1 农业气象灾害指标定义

灾害	统计标准	定义	时间尺度
洪涝灾害	暴雨事件日数(d)	24 h $R \geq 50$ mm 或 24 h $R_{ave} \geq 50$ mm, 连续 $\geq 2$ d	1 年
低温灾害	连续低温日数(d)	$T_{min} \leq 5$ $^{\circ}C$ , 连续 $\geq 3$ d	1 年
高温热害	连续高温日数(d)	$T_{max} \geq 35$ $^{\circ}C$ , 连续 $\geq 3$ d	1 年
旱灾	连续无雨日数(d)	24 h $R < 1$ mm, 连续 $\geq 16$ d	1 年

注:24 h · R 为 24 h 累计降雨量,24 h  $R_{ave}$  为平均 24 h 降雨量。

35  $^{\circ}C$  及以上就记为 1 个高温站次。本研究将连续高温日数即最高温连续 3 d 以上  $\geq 35$   $^{\circ}C$  为 1 个过程,统计每年的连续日最高温  $T_{max} \geq 35$   $^{\circ}C$  总天数  $H$  作为江西省年内极端高温事件即高温热害发生程度指标, $H$  越大,该年内高温热浪天气影响程度越严重。连续高温日数是反映极端高温对农作物造成影响的重要指标。

1.2.4 干旱灾害指标 干旱是因长期少雨而空气干燥、土壤缺水的气候现象。参考国家标准《气象干旱等级》中的综合气象干旱指数,连续无降雨天数春季达 16 ~ 30 d、夏季 16 ~ 25 d、秋冬季 31 ~ 50 d 为小旱。特点为降水较常年偏少,地表空气干燥,土壤出现水分轻度不足,对农作物有轻微影响。以连续无降水日数即年内持续 16 d 及以上无有效降水  $D$  (24 h  $R < 1$  mm) 过程天数的总和反映干旱灾害发生的程度。 $D$  越大,该年内持续干旱的影响越严重。

1.3 统计方法

在数据分析前进行质量控制,即对常规气象数据进行预处理,去除缺测值  $> 5$  d 的站点数据,利用五日滑动平均插补缺测值少于 5 d 的站点数据。以这些站点的气象要素的算术平均值代表区域的平均状况。运用 Matlab、Excel 软件统计分析江西 83 个站点从 1960 年 11 月到 2015 年内连续暴雨、低

子,所以本研究选取持续性极端气象天气日数作为统计标准,综合韩明臣等对中国农业气象灾害时空分布特征研究中灾害指标的选取和江西省农作物灾害指标,定义江西省高低温、洪涝以及干旱灾害指标<sup>[16]</sup>(表 1)。

1.2.1 洪涝灾害指标 洪涝灾害的发生发展及其影响程度包括人为因素和非人为因素 2 个方面。降水是形成洪涝灾害最直接、最重要的 1 个因素,特别是区域性、连续性暴雨和大暴雨天气过程产生的降水。暴雨是指大气中降落到地面的水量每日  $\geq 50$  mm 的降雨。当连续 2 d 降雨量  $\geq 100$  mm 或连续 3 d 降雨量  $\geq 150$  mm,会引发不同程度的洪涝灾害。严重的暴雨洪涝灾害不仅会造成农作物绝收,甚至会破坏良田和水利设施等。连续暴雨日数 48 h 降雨量  $\geq 100$  mm 或 72 h 降雨量  $\geq 150$  mm 为 1 个暴雨事件,将年内单日和连续 2 d 及以上日均降雨量  $\geq 50$  mm 日数作为洪涝灾害的指标,统计每年的暴雨事件的天数  $P$  作为描述每年洪涝灾害程度指标, $P$  越大,该年内洪涝灾害的影响越严重。

1.2.2 低温灾害指标 持续低温是反映极端低温对农作物造成影响的重要指标。连续低温以日最低温连续 3 d 以上  $\leq 5$   $^{\circ}C$  为 1 个过程,统计每年的日最低温  $T_{min} \leq 5$   $^{\circ}C$  天数  $L$  作为描述每年连续低温的程度指标, $L$  越大,该年内持续低温的影响越严重。

1.2.3 高温热害指标 根据中国气象局《气象灾害预警信号发布和传播办法》标准,凡是测站每天的最高气温达到

温、高温日数,用 ArcGIS 9.3 软件选取反距离权重法<sup>[16]</sup>对所得灾害数据进行插值后以自然断点分级法<sup>[17]</sup>得到农业气象灾害空间分布图,以此为基础进行江西省农业灾害空间分布研究。本研究主要应用线性回归<sup>[18]</sup>和 Mann - Kendall 检验法<sup>[19]</sup>中的均值突变检验对时间序列的趋势进行分析。Mann - Kendall 检验法是世界气象组织推荐并已广泛使用的非参数检验方法,许多学者不断应用 Mann - Kendall 方法来分析降水、径流、气温和水质等要素时间序列的趋势变化。对 4 种农业气象灾害进行周期变化分析采用小波分析法<sup>[20]</sup>。

2 结果与分析

2.1 江西省农业气象灾害时间变化特征

近 56 年来江西省连续暴雨日数总体上呈增加的趋势,倾向率为 0.039 4。年际变化序列中 1998、2010 年平均暴雨日数最多,分别为 12.1 d 和 11.9 d(图 2 - a)。除 1963—1966 年间年内连续暴雨日数为负增长( $UF < 0$ ),其余年份均为增加的趋势,其中 1998—2006 年显著增加( $P < 0.05$ )。连续暴雨日数在 1991 年开始突变性增加(图 3 - a);连续低温日数以 -0.326 8 的倾向率呈减少的趋势,最少的年份达到 32 d(图 2 - b)。连续低温日数减少在 20 世纪 90 年代是突变现

象,具体突变时间为 1990 年。2000 年后连续低温日数显著减少,从 2002 年开始达到极显著水平( $P < 0.01$ ,图 3-b)。

由图 2-c 可知,连续高温日数在不同年份具有较大的波动性,最大年份 2003 年(44.7 d)与最小年份 1997 年(1.2 d)相差 43.5 d,高温日数整体以 0.059 1 的倾向率增加,整体表现为先减小后迅速增加的趋势。在 2005 年连续高温日数突

变增加(图 3-c)。连续干旱日数进入 90 年代后波动性增加,在 2003—2009 呈现为增加的趋势,之后波动变化。近 56 年来整体以 -0.109 的倾向率减小。21 世纪相对较高的连续干旱日数分别为 2003、2007、2014 年(110、100、86 d)。连续干旱日数突变点较多波动大(图 3-d)。

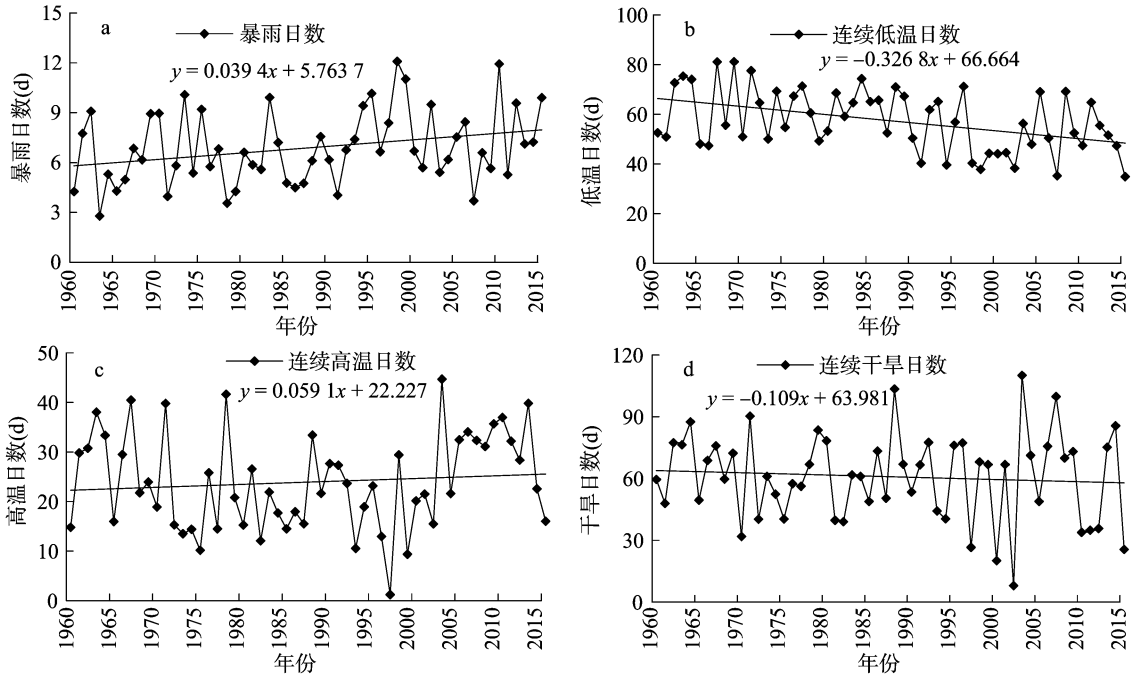


图2 江西省连续暴雨(a)、低温(b)、高温(c)、干旱(d)日数年际变化

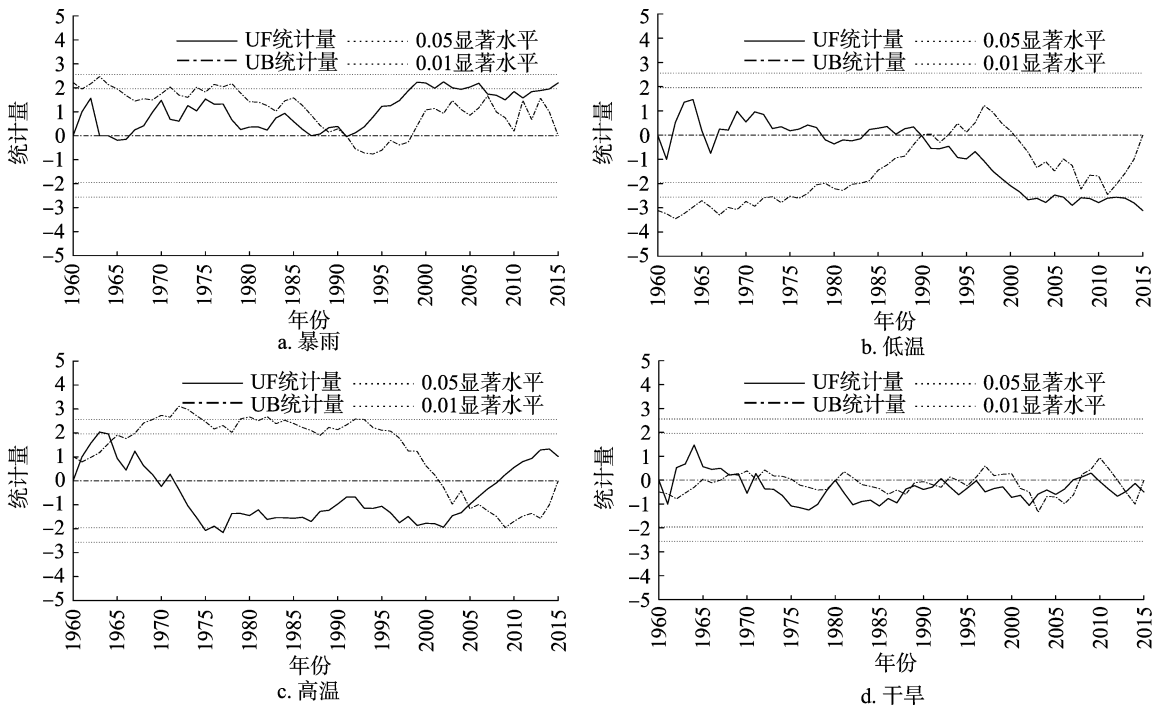


图3 江西省连续暴雨、低温、高温、干旱、日数 MK 统计量曲线

将 4 种灾害从 1990 年(突变年份)之后作相关性分析(表 2)可知,高温热害与旱灾害显著正相关(0.44,  $P < 0.05$ ),暴雨灾害与旱灾负相关,相关系数为 -0.41,达显著

水平。

## 2.2 江西省农业气象灾害空间分布特征

根据 MK 突变检验结果,将江西省洪涝、低温、干旱灾害

表 2 江西省 1990 年后 4 种农业气象灾害间的相关性

灾害类型	相关系数			
	暴雨	低温	高温	干旱
暴雨	1.00			
低温	-0.22	1.00		
高温	-0.25	0.19	1.00	
干旱	-0.41 *	0.2	0.44 *	1.00

注: \* 表示在 0.05 水平显著相关。

研究时段划分为 1960—1990、1991—2015 年 2 个时段,高温热害划分为 1960—2005、2006—2015 年 2 个时段。采用 Arcgis 中的自然断点分级法将各灾害分为 4 个等级,对比分

析不同时段内江西省农业气象灾害的空间分布特征。

由图 4 年可知,江西省近 56 年连续暴雨日数时总和空间分布差异明显,多年平均值在 4.1~10.7 d 之间。天数最多的出现在赣东北地区,整体上由赣东北向赣西南递减。比较图 4-b 和图 4-c 可知,前 31 年暴雨日数超过 8 d 的范围仅在景德镇市、九江武宁县和南昌市抚州市部分地区。后 25 年年内暴雨日数超 8 d 的覆盖范围明显扩大,暴雨日数分布呈由西向东递增。最大日数由 9.5 d 增加到 12 d,最小日数也有所增加。九江市因为庐山的存在出现部分区域暴雨日数表现为较低水平,赣南暴雨日数在后 25 年普遍增加。

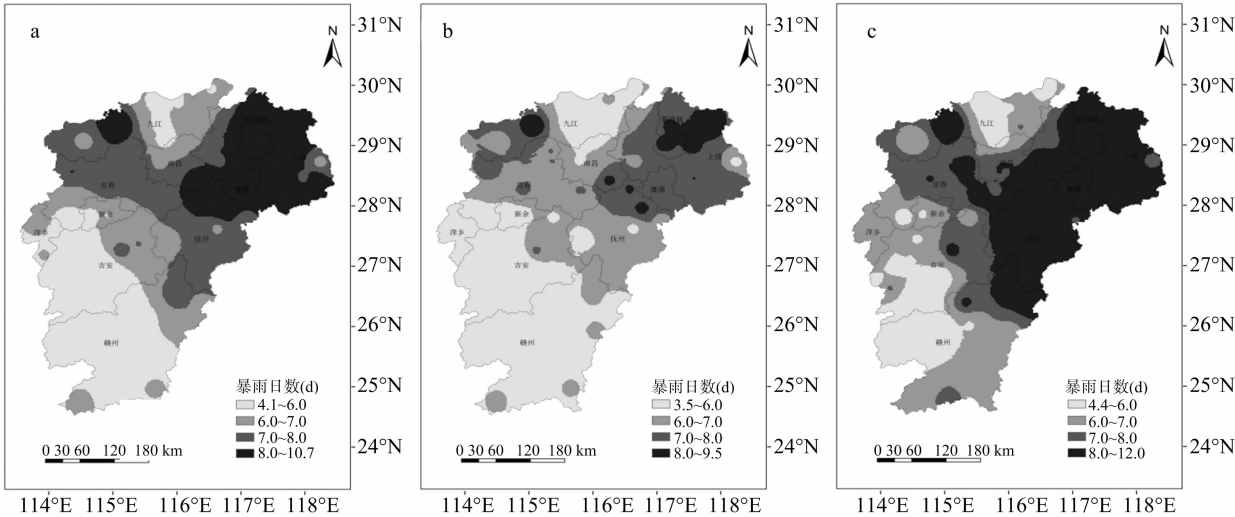


图 4 江西省 1960—2015 年连续暴雨日数(a)突变前(b)和突变后(c)空间分布

近 56 年江西省连续低温日数总和分布如图 5 所示,低温日数由北向南递减。后 25 年最高等级低温灾害覆盖范围明显收缩,最大日数由 122 d 降至 109 d,最小日数由 35 d 降至

29.5 d。低温日数最高的地区分布在赣西北地区 and 井冈山一带,低温日数最低等级覆盖范围扩大北移。永丰、金溪、东乡等区域的低温日数在前 31 年和后 25 年均保持在较高水平。

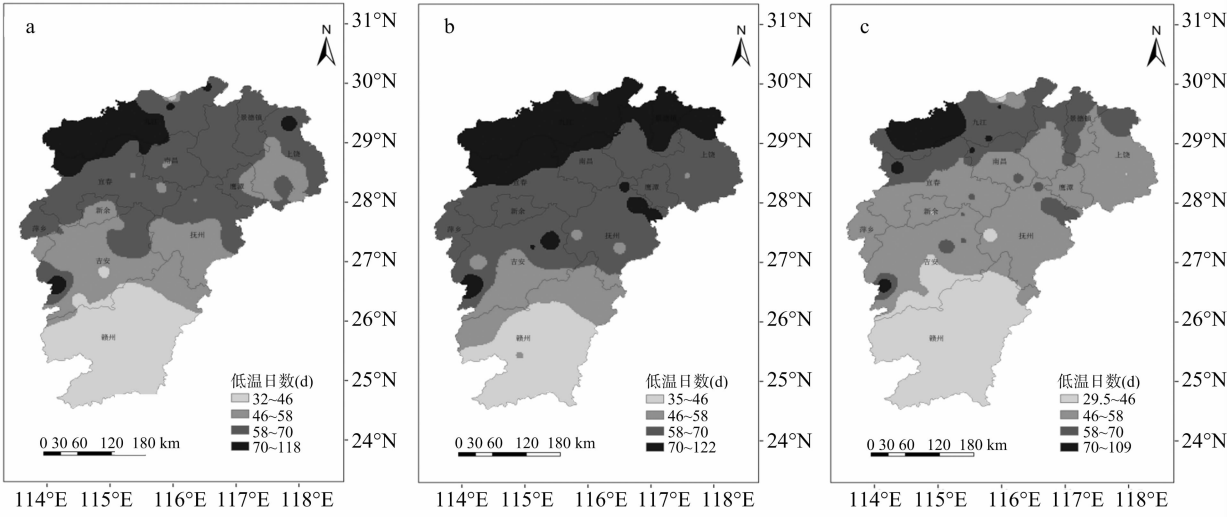


图 5 江西省 1960—2015 年连续低温日数(a)突变前(b)和突变后(c)空间分布

连续高温日数总和分布同暴雨分布类似。高值集中于赣东北地区,向西南方向延伸。最高日数达 39 d,全省高温日数低值接近于 0(图 6-a)。近 10 年来高温日数覆盖范围明显扩大,约占全省面积的 2/3。赣中除新余市和抚州市极少部分区域高温日数在 29 d 以下,其余地区全部都达到 29 d 以

上,最高日数达 50 d(图 6-c)。

江西省干旱日数空间分布如图 7 所示,近 56 年表现为东西走向中部干旱严重东部次之,西部最轻。南北走向南部和北部最为严重,中部较轻。多年平均最大干旱日数为 81.3 d,最小为 37.1 d。近 25 年与前 31 年相比,赣北干旱日数最多

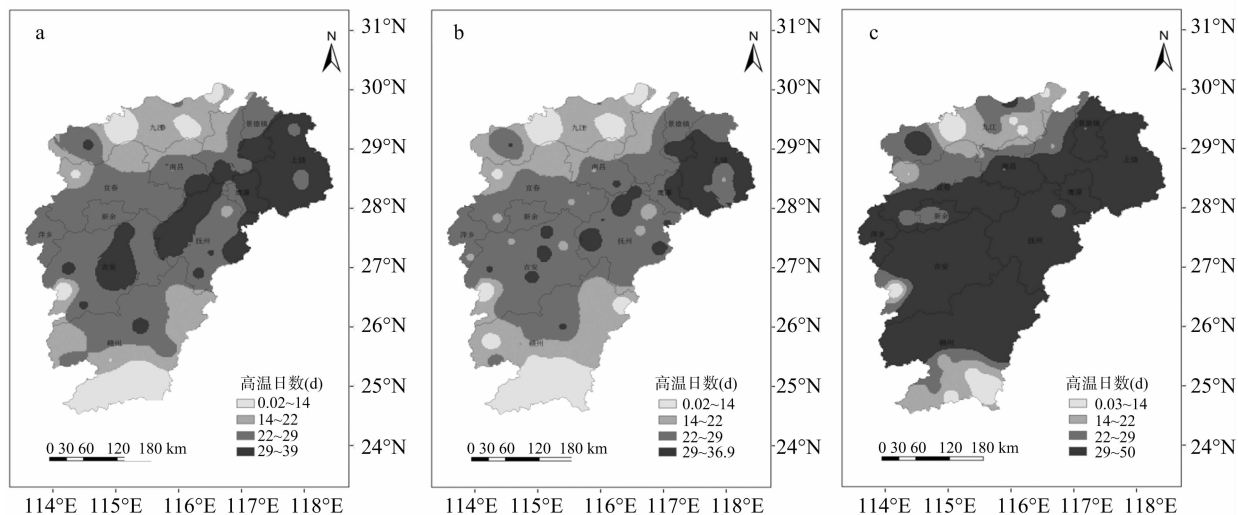


图6 江西省1960—2015年连续高温日数(a)突变前(b)和突变后(c)空间分布

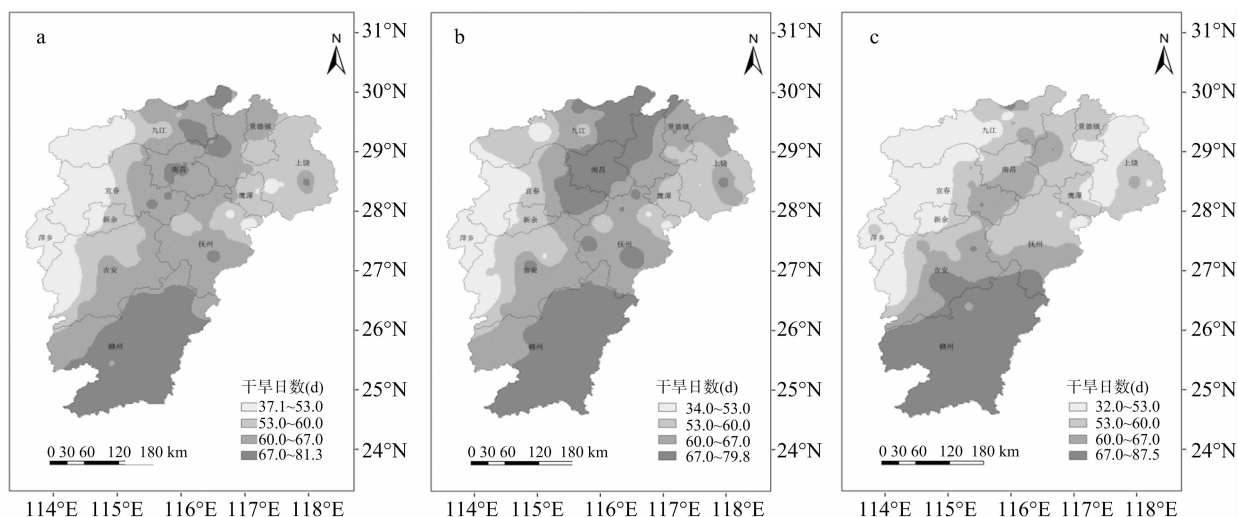


图7 江西省1960—2015年连续干旱日数(a)突变前(b)和突变后(c)空间分布

的区域减少,赣南覆盖面积增加。最大日数由 79.8 d 增加到 87.5 d,覆盖面积在全省范围有所减小。

### 2.3 江西省农业气象灾害周期重现特征

利用小波分析对江西省 4 种农业气象灾害年内连续日数总和做周期变化分析。由图 8 - a 可以看出年内连续暴雨日数存在多时间尺度特征,方差值在 4、6、14、22 年时间尺度上出现峰值(图 8 - b),22 年为年内连续暴雨日数的第一主周

期。22、14 年时间尺度上在 1990 年突变前周期变化显著,分别存在 2 个少发期、1 个多发期和 3 个少发期、1 个多发期。突变后的 25 年内 6 年尺度上发生 6 次震荡,最新一次为暴雨日数多发期,且未完全闭合。14、22 年尺度融合为 10 ~ 27 年尺度的周期,完整发生 1 次周期变换,2008 年后开始一次多发期,截至 2015 年未完全闭合,说明至少未来 3 ~ 5 年内为连续暴雨日数多发期,即洪涝灾害的多发期。

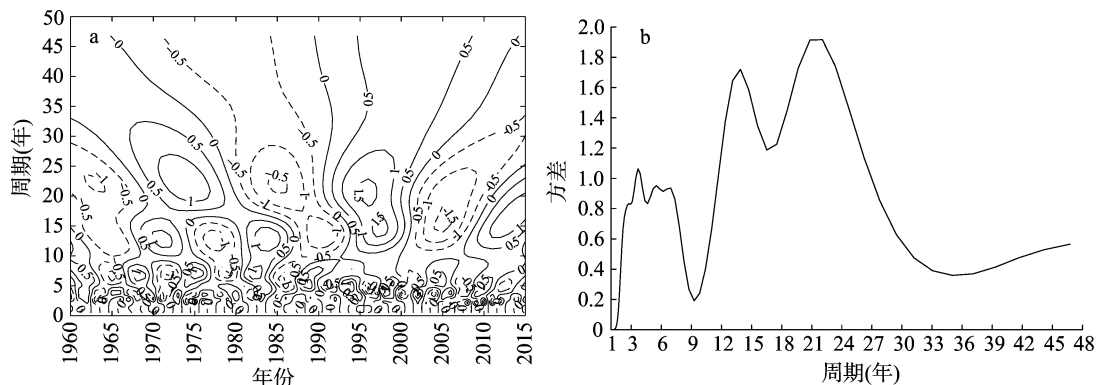


图8 江西省1960—2015年连续暴雨日数小波变换(a)和方差(b)

年内连续低温日数有 5、8、11、21、48 年的变化周期(图 9-b)。图 9-a 表明,整个研究时期内 48 年时间尺度上有 1 个完整周期。下个周期从多发期开始,说明 48 年时间尺度上未来 24 年为低温灾害的多发期。其中,21 年尺度上出现不

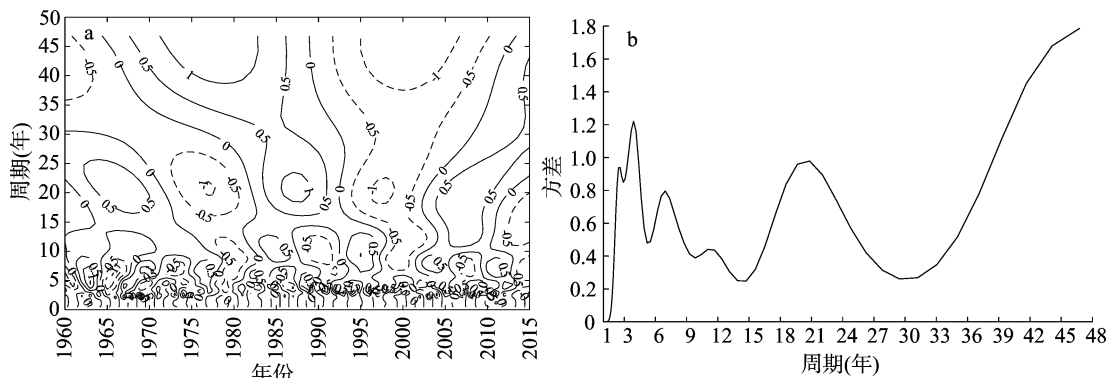


图9 江西省1960—2015年连续低温日数小波变换(a)和方差(b)

类似连续暴雨日数的时间序列分布,连续高温日数在研究时间区间以 4、14、22、44 年的周期震荡(图 10-b),且在突变年份 1990 年之后 14、22 年时间尺度有融合的趋势(图 10-a)。第一主周期为 22 年,2015 年处于 44 年尺度上未闭合的多发期。1990 年后年内连续高温日数以 20 年为周期震荡。包括 1 个完整的周期和 1 个未闭合的少发期。4 年尺度

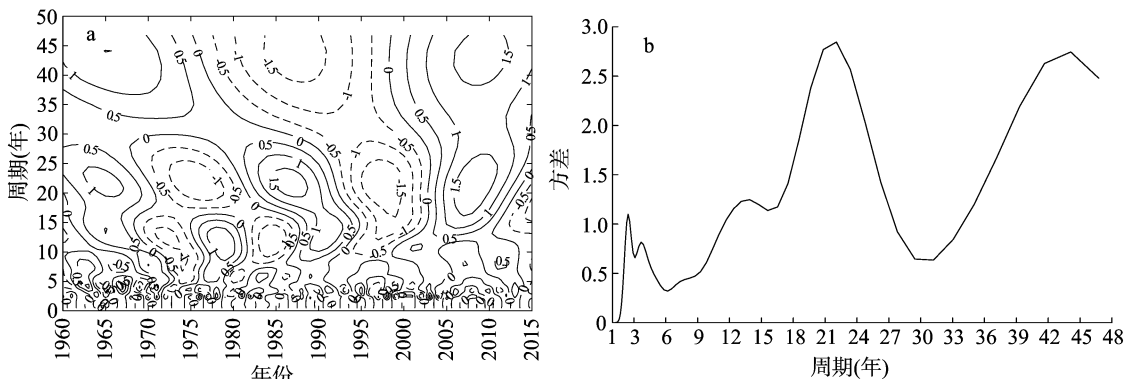


图10 江西省1960—2015年连续高温日数小波变换(a)和方差(b)

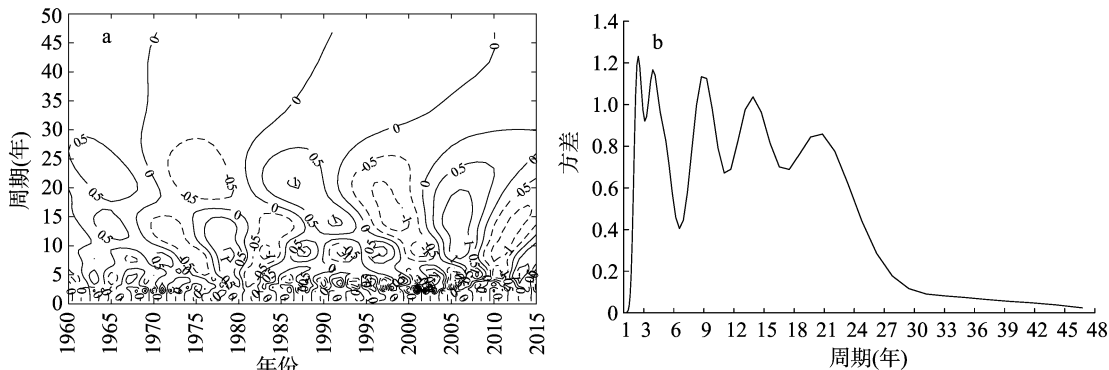


图11 江西省1960—2015年连续干旱日数小波变换(a)和方差(b)

### 3 结论与讨论

本研究以 1960—2015 年江西省年内连续极端气象条件的总日数表征每年江西省农业气象灾害的发生程度,分析 4 种农业气象那个灾害的时空分布特征。结果表明,56 年来农

到 3 个完整周期,最新 1 个周期为少发期未闭合。1990 年连续低温日数突变减小之后形成 3 年的震荡周期,1998 年后 8 年尺度上有 2 个完整周期和 1 个未闭合的少发期。5 年及以下时间尺度上由于间隔较小,不便统计正负相位的震荡次数。

间隔较小,不予讨论。

年内连续干旱日数以 2、4、10、14、22 年时间尺度周期性变化,第一主周期为 2 年,各周期方差值相差不大(图 11-b)。相比于其他 3 种灾害,干旱日数周期性较为杂乱。在 22、4 年时间尺度上,2015 年位于少发期未闭合区域。由此可以预测未来 2~3 年内为干旱灾害少发期。

业气象灾害时空分布发生了较显著的变化,洪涝灾害和高温热害分别以 0.039 4 和 0.059 1 的倾向率呈增加趋势,低温冷害和旱灾以 -0.326 8 和 -0.109 的倾向率减小。高温热害具体表现为先减小后急剧增加的趋势,除高温热害在 2005 年突变性增加,其余灾害均在 1990 年附近发生突变。农业气象

灾害在不同年份随时间波动,突变后的波动情况要大于突变前,即近 25 年来江西省农业气象灾害发生日数振幅变大。干旱灾害整体上波动强烈有较多的突变点。在后 25 年旱灾的发生日数分别与高温热害和洪涝灾害正负显著相关,相关系数为 0.44 和 -0.41,高温热害与旱灾大多相伴发生,对旱灾的进一步研究可将高温因素考虑进去。

2003 年全省遇到超历史的高温热浪和干旱灾害,1998 年发生百年不遇的洪涝灾害,2010 年局地洪涝灾害严重程度超过 1998 年。对应的年份连续高温日数、连续干旱日数和连续暴雨都为历年来的极大值。其余统计日数较大值年份也对应农业气象灾害较严重的时期,表明本研究所选取的年内连续极端天气日数指标能够较好地表征江西省农业气象灾害的发生程度。

洪涝灾害产生的危害严重,是江西省的主要农业气象灾害之一。近 56 年来,江西省洪涝灾害最严重的地区主要分布在赣东北部的景德镇、上饶、鹰潭 3 市及九江武宁地区。与前 31 年相比,1990 年之后的 25 年洪涝灾害严重区域在全省的覆盖面积明显扩大,多数地区洪涝灾害等级要比之前提高 1 级,个别地区年内暴雨日数达 12 d。从周期变化上看,突变年份之前,江西省洪涝灾害存在 4、6、14、22 年共 4 个年代际震荡周期。突变年份之后震荡主周期有变为 18 年的趋势,其中 6 年周期贯穿整个研究时段,与陆叔鸣等的研究结论江西省大范围洪涝平均每 3 年出现 1 次<sup>[21]</sup>相一致。由周期分析结果可推断未来几年为江西省洪涝灾害多发期。

随全球气候变暖,江西省低温灾害随时间的延长有降低的趋势。低温灾害严重地区主要在赣西北、井冈山和赣东北局部区域。空间分布上由北向南递减,突变后的 25 年低温灾害严重区域收缩明显。最大低温日数由 122 d 降至 109 d,有利于植物生长北界北抬。低温灾害存在 5、8、11、21、48 年的震荡周期,以 48 年为第一主周期。48 年尺度上,未来几十年为低温灾害的多发期,短时期内则时低温灾害的少发期。

高温热害与洪涝灾害在时间序列上呈负相关,但在在空间分布上类似。赣东北地区最为严重,赣中次之,赣北庐山一带和赣南地区受高温灾害影响最弱。2005 年后,在高温热害突变增加的 10 年内,高温热害严重区域覆盖江西省超 2/3 面积。高温热害日数最高达 50 d,仅赣北、赣南和井冈山少数地区受高温影响较弱。高温热害以 4、14、22、44 年的周期震荡,22 年为第一主周期,1990 后以 20 年为周期震荡发展。未来几年为高温热害的少发期,但在 44 年尺度上的多发期,防御高温热害应是未来江西省农业生产的重点。

干旱是影响江西省农业生产稳定的主要气象灾害之一,与高温热害显著正相关,在 2002 年之后连续干旱日数表现为增加的趋势。干旱严重区域主要分布在赣北中部和赣南地区。后 25 年赣中和赣北干旱灾害严重区域减少,赣南地区表现为扩大的趋势。最大连续干旱日数由 79.8 d 上升至 87.5 d。赣南地区应作为干旱灾害防御的重点区域,未来几年是干旱灾害的少发期。

综上所述,江西省农业气象灾害年内持续日数在突变年份后波动性增加,极端农业气象灾害日数增多,周期变化趋于混乱;全省范围内低温和干旱高发区在空间分布上有缩减的趋势,高温和洪涝灾害发生区域在全省范围内明显增加。旱

灾区域和持续日数在赣南地区增加明显,赣东北地区为高温和洪灾灾害的多发区;4 种农业气象灾害的发生有一定的周期性,除洪涝灾害外,在未来 3~5 年内为低温、高温、干旱灾害的少发期;极端气象条件对农业生产造成了极大的影响,只有进一步查明灾害的时空分布规律,分析其成发生发展规律和形成因素,才能为农业生产指导、防灾减灾提供科学依据,实现江西省农业持续、健康、稳定的发展。

#### 参考文献:

- [1]熊盛文. 不断提高自然灾害应急管理水平促进社会和谐稳定和经济又好又快发展[J]. 气象与减灾研究,2007,30(2):1-5.
- [2]Houghton J E T,Ding Y H,Griggs J,et al. Climate change 2001:the scientific basis[M]. Cambridge University Press,2001:881.
- [3]江西省减轻自然灾害白皮书(2004)[Z]. 南昌:江西省减灾委员会办公室,2004.
- [4]钟小根,王 珏. 江西农业气象灾害危害及减灾对策研究[J]. 农业考古,2014(1):140-143.
- [5]孙素琴,许爱华,郑 婧,等. 江西省汛期暴雨时空分布及区域性暴雨分区[J]. 气象与减灾研究,2016,39(2):90-97.
- [6]黄国勤,钱海燕. 江西省近年来的农业自然灾害及其防治对策[J]. 灾害学,2005,20(2):61-65.
- [7]蔡 哲,章毅之,何拥凤,等. 江西省干旱洪涝的时空变化特征分析[J]. 自然灾害学报,2013,22(2):144-149.
- [8]李柏贞,谢佳杏,孔 萍,等. 江南茶叶农业气象灾害风险区划[J]. 干旱气象,2015,33(6):1017-1023.
- [9]吴珊珊,王怀清,黄彩婷. 气候变化对江西省双季稻生产的影响[J]. 中国农业大学学报,2014,19(2):207-215.
- [10]何寿仁,董黍淮,程 勇,等. 江西南丰蜜橘气象灾害预警技术[C]. 气象服务发展论坛,2014.
- [11]马锋敏,章毅之,唐传师,等. 近 52 年江西省汛期极端降水事件的时空变化[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(10):1348-1355.
- [12]唐传师,孟明华,马锋敏. 江西省 1959—2013 年极端高温事件的时空演变特征[C]. 中国气象学会年会,2014.
- [13]胡菊芳,张超美,彭 静. 江西省主要气象灾害年代际变化特征分析[J]. 气象与减灾研究,2007,30(4):37-42.
- [14]王保生,刘文英,黄淑娥. 江西省旱涝灾害风险评估与农业可持续发展[J]. 气象与减灾研究,2006,29(2):43-47.
- [15]易桂林. 农业气象灾害对赣江流域农业生产的影响及对策[J]. 安徽农业科学,2012,38(11):5731-5732,5738.
- [16]韩明臣,梁玉莲,王化儒. 中国近三十年持续性农业气象灾害指标时空分布特征[J]. 北方园艺,2014(24):196-201.
- [17]范贵贵. 空间插值方法在绘制降水量等值线中的应用[J]. 水利水电科技进展,2002,22(3):48-50.
- [18]Clarke M J,Mantay J a. Optimizing recycling in all of New York City's neighborhoods: using GIS to develop the REAP index for improved recycling education, awareness, and participation [J]. Resources Conservation & Recycling,2006,46(2):128-148.
- [19]吴 立,霍治国,姜 燕,等. 气候变暖背景下南方早稻春季低温灾害的发生趋势与风险[J]. 生态学报,2016,36(5):1263-1271.
- [20]朱 敏,袁建辉. 1961—2010 年江苏省农业气候资源演变特征[J]. 气象与环境学报,2013,29(3):69-77.
- [21]陆叔鸣,熊蜀斐,王 欢,等. 1 种新的洪涝标准及其应用的尝试[J]. 气象与减灾研究,1998,21(1):6-11.