

陈晓艺,姚筠,王晓东,等. ENSO 对安徽省旱涝灾害和粮食产量的影响[J]. 气象与环境科学, 2023, 46(6): 24-31.

Chen Xiaoyi, Yao Yun, Wang Xiaodong, et al. Effects of ENSO Event on Drought and Flood Disasters and Grain Yield in Anhui Province[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2023, 46(6): 24-31.

doi:10.16765/j.cnki.1673-7148.2023.06.004

ENSO 对安徽省旱涝灾害和粮食产量的影响

陈晓艺^{1,2,3,4}, 姚筠^{1,2,3,4}, 王晓东^{3,4,5}, 张宏群^{1,2,3,4}, 段春锋^{4,6}

(1. 安徽省气象科学研究所, 合肥 230031; 2. 大气科学与卫星遥感安徽省重点实验室, 合肥 230031;

3. 寿县国家气候观象台, 安徽 寿县 232200; 4. 中国气象局淮河流域典型农田生态气象野外科学试验基地, 安徽 寿县 232200;

5. 安徽省农业气象中心, 合肥 230031; 6. 安徽省气候中心, 合肥 230031)

摘要: 为防御旱涝灾害, 保障粮食安全, 利用 1971—2018 年 ENSO 的特征量、不同位相及安徽省 78 个站点的气象数据和全省灾情、作物产量数据, 采用比较法、 χ^2 拟合检验法, 分析 ENSO 的特征量、不同位相与安徽省典型干旱和涝渍年的关系及 ENSO 对安徽省主要粮食作物产量的影响。结果表明: (1) 厄尔尼诺和拉尼娜事件均发生在春季到秋季(4—10月), 结束在初夏之前(1—6月), 其峰值大部分出现在冬季(1月和11—12月)。(2) 典型干旱和涝渍年各发生 11 年, 平均 2~3 年出现 1 次, 大多集中在 20 世纪 80 年代初到 90 年代中期。(3) 安徽省典型干旱年出现在厄尔尼诺事件对涝渍的当年或拉尼娜事件的次年的概率大, 厄尔尼诺、拉尼娜事件对安徽省旱灾的影响相当; 典型涝渍年出现在厄尔尼诺事件对涝渍的次年或拉尼娜事件的当年的概率大, 且厄尔尼诺事件对涝渍的影响远大于拉尼娜事件的影响。(4) ENSO 持续时间越长、强度越大, 越易发生干旱和涝渍灾害, 干旱和涝渍灾害易发生在 ENSO 的衰减年或波峰后。(5) 厄尔尼诺事件的衰减年, 主要粮食作物以减产为主; 拉尼娜事件的衰减年, 小麦增减产年份相当, 而一季稻、玉米则以增产为主。

关键词: ENSO 事件; 安徽省; 旱涝灾害; 粮食产量

中图分类号: S162.5⁺3; S165⁺.27

文献标志码: A

文章编号: 1673-7148(2023)06-0024-08

引言

ENSO 是气候变化的重要影响因子, 它是大尺度海洋和大气交互作用的事件, 其中, 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件是 ENSO 循环变化过程中 2 个相反的极端相位^[1-2]。ENSO 通过影响全球的大气环流, 对全球许多地区的气温、降水产生显著影响。而气温和降水异常易导致旱涝灾害的发生, 严重制约农作物的生长发育和产量形成^[3-6]。安徽是农业大省, 是全国重要的粮食主产省和商品粮调出省^[7-8]。但安徽省地处南北气候过渡带, 气象灾害种类多, 发生频次高, 给安徽省农业生产造成巨大影响^[2,9-11], 其中旱涝灾害的影响最为严重, 造成的直接经济损失

远高于其他灾害损失的总和^[11]。

20 世纪 80 年代以来, 国内外专家学者对 ENSO 的定义、指标及对气候和农业生产的影响做了大量研究。Glantz^[12]、朱益民^[13] 等对 ENSO 进行了定义。Kiladis^[14]、ENSO 监测小组^[15] 等国内外专家及团队利用不同的判别方法, 对 ENSO 的指标进行了认定。郑冬晓等^[3] 针对 ENSO 对全球及中国农业气象灾害和粮食产量的影响研究进展进行了总结。杨龙^[16]、盛宇裕^[17]、张强^[18] 等分析了 ENSO 事件对不同区域旱涝灾害的影响。目前, ENSO 事件对安徽省影响的研究主要集中在气候变化、气象灾害^[19-20] 方面, 多以代表站的气象、灾害资料来分析研究。这些研究对揭示和认识 ENSO 事件对气象灾害和农业

收稿日期: 2021-06-17; 修订日期: 2021-08-27

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC021900); 国家自然科学基金项目(41705014)

作者简介: 陈晓艺(1962-), 女, 安徽天长人, 正高级工程师, 本科, 从事农业气象灾害监测评估研究. E-mail: 327274881@qq.com

生产的影响提供了有益参考。但代表站的数据不能真实全面地反映整体情况,得出的结论存在一定的偏差,同时 ENSO 对粮食产量的影响研究也相对较少,且 ENSO 事件的判别标准不统一。本文在前人研究的基础上,利用《厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法》(GB/T 33666—2017)判别 ENSO 事件的特征量^[21],采用能反映农业旱涝特征、在安徽省应用较为成熟的累积湿润指数^[22-24],作为干旱和涝渍灾害的强度指标,用全省 78 个站点的气象、灾害资料,分析 ENSO 事件对安徽省干旱和涝渍灾害及粮食产量的影响,为防御旱涝灾害、保障粮食安全提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

安徽省位于 114°54′—119°37′E、29°41′—34°38′N,地处长江、淮河中下游,长江三角洲腹地,地势西南高、东北低,包括淮北平原、江淮丘陵、大别山区、沿江平原和皖南山区五大区域。长江、淮河横贯其中,以淮河为分界线,北部属暖温带半湿润季风气候,南部属亚热带湿润季风气候,是暖温带与亚热带的过

渡地区。全省光温资源丰富,降水较多,雨热同季,有利于农业发展。但夏季降水集中,且南多北少^[25-27],旱涝灾害频发,北部地区较南部更易干旱^[28],阻碍了农业生产的发展。

安徽省粮食作物有小麦、水稻、玉米、大豆、薯类和其他旱粮作物,主要分布在淮北平原、江淮丘陵和沿江平原。这些区域的粮食作物播种面积和总产量均占全省的 95%左右,其中淮北平原的占 60%以上。

安徽省小麦主要分布在合肥以北地区。10 月上旬小麦自北向南开始播种,12 月中旬至次年的 2 月上旬是小麦越冬期,3 月中旬至 5 月中旬小麦开始拔节、抽穗、灌浆,是小麦生长的关键期,6 月上旬基本收获完毕。一季稻主要分布在江淮丘陵和沿江地区,4 月中旬开始播种,5 月下旬至 6 月中旬移栽返青,7 月中旬至 9 月中旬陆续开始拔节、抽穗、灌浆,是一季稻生长的关键期,至 10 月中旬基本收获完毕。玉米主要分布在淮北平原,6 月中旬开始播种,7 月中旬至 9 月中旬陆续开始拔节、抽穗、灌浆,是玉米生长的关键期,至 10 月上旬基本收获完毕。三大粮食作物主要发育时段见表 1。

表 1 1971—2018 年安徽省三大粮食作物主要发育时段

主要粮食作物	开始播种期	越冬期(移栽期)	生长关键期	收获结束期
小麦	10 月上旬	12 月中旬—次年 2 月上旬	3 月中旬—5 月中旬	6 月上旬
一季稻	4 月中旬	5 月下旬—6 月中旬	7 月中旬—9 月中旬	10 月中旬
玉米	6 月中旬	无	7 月中旬—9 月中旬	10 月上旬

1.2 资料来源

安徽省 1971—2018 年逐日气象资料(最高气温、最低气温、降水量、相对湿度、风速、日照)来自安徽省气象信息中心;1971—1983 年农作物旱涝成灾面积来自《中国气象灾害大典》安徽卷^[26],1984—2018 年的来自安徽省民政厅;1971—2018 年粮食产量资料来源于《安徽省统计年鉴》;1971—1981 年海温资料采用英国 Hadley Centre Sea Ice and Sea Surface Temperature data (HadISST) 数据,1982—2018 年采用美国 NOAA1/4° Daily Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST v2) 数据,海温异常涉及的气候标准值,采用世界气象组织推荐的 30 年滚动气候态的国际气候业务标准^[21]。

1.3 研究方法

1.3.1 ENSO 事件特征量

依据《厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法》,当 Nino3.4 指数(5°S—5°N、120°—170°W 范围内海面温度异常的区域平均值)3 个月滑动平均值 ≥ 0.5 °C (≤ -0.5 °C),且持续至少 5 个月时,判定为一次厄尔尼诺(拉尼娜)事件。

1971—2018 年共发生了 15 个厄尔尼诺事件、12 个拉尼娜事件,事件的起止年月、持续月数、峰值时间、峰值强度及强度等级见表 2。

1.3.2 ENSO 事件不同位相划分

利用罗连升等^[20]对 ENSO 事件不同位相的划分标准和方法,得到 1971—2018 年 ENSO 事件不同位相,其中共发生 10 个厄尔尼诺发展年、15 个厄尔尼诺衰减年,7 个拉尼娜发展年和 12 个拉尼娜衰减年(表 3)。

表 2 1971—2018年赤道东太平洋发生的厄尔尼诺和拉尼娜事件统计

分类	序号	起止年月	持续月数	峰值时间	峰值强度/℃	强度等级
厄尔尼诺事件	1	1972年5月—1973年3月	11	1972年11月	2.1	强
	2	1976年9月—1977年2月	6	1976年10月	0.9	弱
	3	1977年9月—1978年2月	6	1978年1月	0.9	弱
	4	1979年9月—1980年1月	5	1980年1月	0.6	弱
	5	1982年4月—1983年6月	15	1983年1月	2.7	超强
	6	1986年8月—1988年2月	19	1987年8月	1.9	中等
	7	1991年5月—1992年6月	14	1992年1月	1.9	中等
	8	1994年9月—1995年3月	7	1994年12月	1.3	中等
	9	1997年4月—1998年4月	13	1997年11月	2.7	超强
	10	2002年5月—2003年3月	11	2002年11月	1.6	中等
	11	2004年7月—2005年1月	7	2004年9月	0.8	弱
	12	2006年8月—2007年1月	6	2006年11月	1.1	弱
	13	2009年6月—2010年4月	11	2009年12月	1.7	中等
	14	2014年10月—2016年4月	19	2015年12月	2.8	超强
	15	2018年9月—2019年6月	10	2018年11月	1.0	弱
拉尼娜事件	1	1970年7月—1972年1月	19	1971年1月	-1.6	中等
	2	1973年6月—1974年6月	13	1973年12月	-1.8	中等
	3	1975年4月—1976年4月	13	1975年12月	-1.5	中等
	4	1984年10月—1985年6月	9	1985年1月	-1.2	弱
	5	1988年5月—1989年5月	13	1988年12月	-2.1	强
	6	1995年9月—1996年3月	7	1995年11月	-0.9	弱
	7	1998年7月—2000年6月	24	2000年1月	-1.6	中等
	8	2000年10月—2001年2月	5	2000年12月	-0.8	弱
	9	2007年8月—2008年5月	10	2008年1月	-1.7	中等
	10	2010年6月—2011年5月	12	2010年12月	-1.6	中等
	11	2011年8月—2012年3月	8	2011年12月	-1.1	弱
	12	2017年10月—2018年3月	6	2018年1月	-0.8	弱

表 3 1971—2018年赤道东太平洋发生的厄尔尼诺和拉尼娜事件不同阶段的划分

厄尔尼诺/拉尼娜不同位相	年份
厄尔尼诺发展年	1972、1982、1986、1991、1997、2002、2004、2006、2009、2015
厄尔尼诺衰减年	1973、1977、1978、1980、1983、1987、1988、1992、1995、1998、2003、2005、2007、2010、2016
拉尼娜发展年	1973、1975、1988、1998、2007、2011、2012
拉尼娜衰减年	1971、1972、1974、1976、1985、1989、1996、2000、2001、2008、2012、2018

1.3.3 干旱和涝渍等级指标

为了反映农业干旱和涝渍逐步积累、前效影响的特征,本文以在安徽应用较为成熟的累积湿润指数^[22-24]作为干旱和涝渍灾害强度指标。该指标将中国气象局《干旱监测和影响评价业务规定》中的干旱指标之一相对湿度指数公式 $M_i = (P - ET_0) / ET_0$ 中的参考作物蒸散量 ET_0 替换为作物潜在蒸散量 ET_m ,建立能够反映降水与农田蒸散量(即作物需水量)二者平衡关系的相对湿度指数 $M_i = (P - ET_m) / ET_m$,式中 P 为相应时段的降水量。以逐旬相对湿度指数为基础,构造反映旱涝渐变的累积

湿润指数(M_a),计算方法参照文献[22]—[24]。

由于安徽省处于气候过渡区,南北气候差异较大,其下垫面干湿状况具有不同特征,由此确定了半湿润和湿润区的两套旬干旱和涝渍等级标准^[24](表4)。

1.3.4 干旱和涝渍等级强度

根据1971—2018年安徽省78个台站逐旬累积湿润指数计算结果,按表4划分的干旱和涝渍等级标准,得到全省78个台站逐年逐旬干旱和涝渍等级。年干旱和涝渍等级强度之和为

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k |M_j| \quad (1)$$

式中, Q 为年干旱、涝渍等级强度之和, M_j 为某站某甸的干旱、涝渍等级, $i=1, 2, \dots, n$ 表示甸数, $j=1, 2, \dots, k$ 表示 78 个站点数。

表 4 1971—2005 年安徽省累积湿润指数 (M_a) 区域甸干旱和涝渍等级标准

等级	类型	半湿润区	湿润区
-4	特涝	$M_i > 4.00$	$M_i > 5.00$
-3	重涝	$4.00 \geq M_i > 3.00$	$5.00 \geq M_i > 3.50$
-2	中涝	$3.00 \geq M_i > 1.50$	$3.50 \geq M_i > 1.50$
-1	轻涝	$1.50 \geq M_i > 0.50$	$1.50 \geq M_i > 0.50$
0	正常	$0.50 \geq M_i > -0.50$	$0.50 \geq M_i > -0.40$
1	轻旱	$-0.50 \geq M_i > -0.75$	$-0.40 \geq M_i > -0.70$
2	中旱	$-0.75 \geq M_i > -0.85$	$-0.70 \geq M_i > -0.80$
3	重旱	$-0.85 \geq M_i > -0.95$	$-0.80 \geq M_i > -0.90$
4	特旱	$M_i \leq -0.95$	$M_i \leq -0.90$

1.3.5 成灾率

为消除农作物播种面积年际变化对灾害趋势变化的影响, 利用成灾面积和农作物播种面积计算全省各市、县逐年旱涝灾害的成灾率, 即

$$A_i = \frac{H_i}{S_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中, A_i 表示第 i 年的成灾率, $i=1971, 1972, \dots, 2018$, H_i 表示第 i 年的成灾面积, S_i 表示第 i 年的农作物播种面积^[29-30]。

1.3.6 干旱和涝渍年的划分

当某甸轻旱以上(等级 > 0) 或轻涝渍以上(等级 < 0) 等级出现的站点数在 30 个以上, 且淮北平原(28 个站点) 出现的站点数占该区域 1/2 以上或淮北平原(28 个站点)、江淮丘陵(14 个站点) 及沿江

平原(20 个站点) 三个区域(62 个站点) 出现的站点数占 2/3 以上时, 则该甸为干旱或涝渍甸。由于安徽省冬季生长的粮食作物主要是小麦, 而小麦在 12 月中旬至次年 2 月上旬处于越冬期(表 1), 基本停止生长, 此阶段出现干旱和涝渍灾害对其生长影响不大。因此规定干旱和涝渍年的划分原则: 一年 36 个甸中, 剔除越冬期(7 个甸), 当作物生长关键期(表 1) 出现连续 3 个干旱或涝渍甸, 且干旱或涝渍甸的强度之和达 630 或 670 以上, 或非生长关键期出现连续 5 个干旱或涝渍甸, 且干旱或涝渍甸的强度之和达 1100 或 1200 以上时, 则该年定为干旱或涝渍年。由于安徽省的地理环境, 常出现旱涝交替现象, 若某年既符合干旱年又符合涝渍年的划分标准, 则结合作物旱涝成灾面积, 选取作物受灾较重、成灾面积较大的灾害定为干旱或涝渍年。按此标准划分, 得到近 48 年中有 11 年为干旱年, 分别是 1976 年、1978 年、1986 年、1988 年、1992 年、1994 年、1995 年、2000 年、2001 年、2011 年和 2013 年, 有 11 年涝渍年, 分别是 1972 年、1982 年、1983 年、1987 年、1989 年、1991 年、1996 年、1998 年、2003 年、2007 年(涝渍甸的强度之和未达到规定的标准, 但在 6 月下旬—7 月下旬淮北平原出现了涝灾) 和 2016 年。与安徽省气象灾害大典^[26] 记录的旱、涝年较吻合。1971—2000 年(气象灾害大典记录的最终年份) 30 年中共有 20 年确定为典型旱涝年, 其中有 13 年完全吻合, 吻合率为 65%; 与曾婷^[2]、谢五三^[28] 等确定的典型旱、涝年基本一致, 一致率为 57%。同时成灾率逐年变化曲线的波峰与旱涝年基本吻合(图 1), 表明用此方法可以诊断出安徽省典型干旱年和涝渍年。

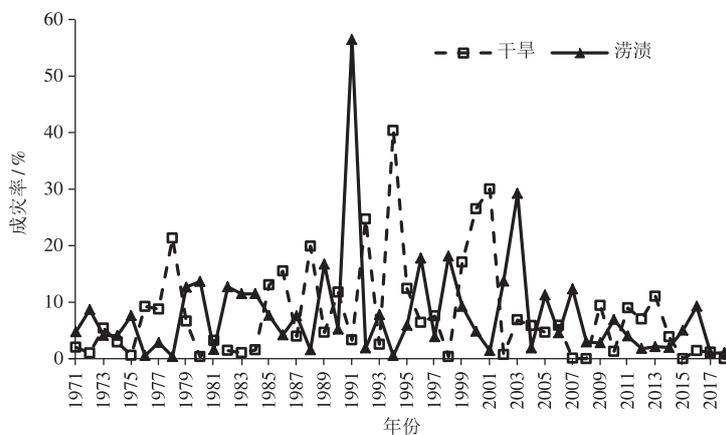


图 1 安徽省 1971—2018 年旱、涝渍成灾率逐年变化

1.3.7 作物产量分解

为了得到作物增(减)产率,即相对气象产量,先对作物单产采用分段、滑动、叠加、二次模拟等多种数学方法进行分解。确定趋势产量(Y_t)后,为减少由生产力发展带来的产量增长对气象产量(Y_w)的干扰,用

$$Y_{rw} = \frac{Y - Y_t}{Y_t} \times 100\% = \frac{Y_w}{Y_t} \times 100\% \quad (3)$$

计算相对气象产量(Y_{rw})^[31]。式中, Y 为实际产量, Y_t 为趋势产量, Y_w 为气象产量。

2 结果与分析

2.1 ENSO 事件规律分析

由表 2 可知,1971—2018 年共发生 27 次 ENSO 事件(平均 1~2 年发生 1 次),其中厄尔尼诺事件发生了 15 次(平均 3~4 年发生 1 次),中等强度以上发生了 9 次,其中 3 个超强,分别出现在 1983 年、1997 年和 2015 年;拉尼娜事件发生了 12 次(平均 4 年发生 1 次),中等强度以上发生了 7 次,其中 1 次为强,出现在 1988 年。相对而言,拉尼娜事件发生次数少于厄尔尼诺事件,强度也相对较弱。但无论是厄尔尼诺还是拉尼娜事件,它们发生的开始时间均在春季到秋季(4—10 月),结束时间在初夏之前(1—6 月),其峰值大部分出现在冬季(1 月和 11 月—12 月)。依据《厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法》^[21],其强度指标是根据其峰值来定义的。由表 2 可看出,强度指标还与其持续时间有一定的关系,中等以上强度的持续时间一般在 10 个月以上。

2.2 干旱和涝渍年规律分析

利用累积湿润指数结合作物生长季,划分典型干旱、涝渍年。1971—2018 年安徽省共发生 22 年旱、涝渍灾害,平均 2~3 年发生 1 次。典型干旱 11 年,其中 5 年出现在 1986—1995 年;典型涝渍 11 年,其中 5 年出现在 1982—1991 年。无论是典型旱年还是涝渍年,大多集中在 20 世纪 80 年代初到 90 年代中期,共发生 12 年,这与 ENSO 集中发生有一定的关系。这些典型旱、涝渍发生时段,大多出现在作物关键生长期,导致作物受灾减产。

2.3 ENSO 事件与旱、涝渍灾害的关系

2.3.1 χ^2 拟合检验法

利用 χ^2 拟合检验法分析 ENSO 与安徽旱、涝渍灾害的关系^[2,32],公式为

$$\chi^2 = (|M - NP| - 0.5)^2 / NP(1 - P) \quad (4)$$

式中, M 和 N 分别是研究区旱、涝渍灾害发生的次

数和 ENSO 事件发生的次数,其中 M_1 和 M_2 分别是研究区旱灾和涝渍灾发生的次数, N_1 和 N_2 分别是厄尔尼诺事件和拉尼娜事件的发生数, P_1 和 P_2 分别是旱灾和涝渍灾大发生概率,即旱、涝渍灾发生的次数与研究年份的比值。比较分析由上式得到的统计量(χ^2)和 $\alpha = 0.01$,自由度为 1 的统计量 $\chi_{0.01}^2(1)$,如果 $\chi^2 > \chi_{0.01}^2(1)$,则表明 ENSO 事件与本研究区的旱、涝渍灾害关系显著,反之则关系不显著。

通过分析 1971—2018 年厄尔尼诺事件和拉尼娜事件的发生次数和安徽省的旱、涝渍灾害发生次数,得 $M_1 = M_2 = 11$, $P_1 = P_2 = 11/48$, $N_1 = 15$, $N_2 = 12$,代入式(4)得 $\chi_1^2 = 18.83$, $\chi_2^2 = 28.34$,查 χ^2 分布表可知, $\chi_{0.01}^2(1) = 6.63$,即 $\chi_1^2 > \chi_{0.01}^2(1)$,且 $\chi_2^2 > \chi_{0.01}^2(1)$,这说明安徽省干旱和涝渍灾害的发生和 ENSO 事件有比较明显的相关性。

2.3.2 ENSO 事件的特征量与旱、涝渍灾害的关系

进一步分析发现,安徽省典型旱、涝渍年与 ENSO 事件的发生时间、持续时间、强度、波峰时间等特征量及不同位相有关。典型旱、涝渍年主要发生在 ENSO 事件的当年或次年,ENSO 事件持续时间越长、强度越强,旱、涝渍灾害发生概率越大;旱、涝渍灾害主要发生在 ENSO 事件的衰减年或波峰后。

(1) ENSO 事件发生时间与旱、涝渍灾害的关系。1971—2018 年的 22 个典型旱、涝渍年中,11 个典型干旱年均与 ENSO 事件的发生有关,其中 5 年发生在厄尔尼诺事件的当年,6 年发生在拉尼娜事件的次年。11 年的典型涝渍年,都与 ENSO 事件的发生有关,其中 6 年发生在厄尔尼诺事件的次年,2 年发生在厄尔尼诺事件的次年和拉尼娜事件的当年,2 年发生在厄尔尼诺事件的当年,1 年发生在拉尼娜事件的当年。

(2) ENSO 事件持续时间与旱、涝渍灾害的关系。在 22 个典型旱、涝渍年中,有 14 年 ENSO 事件持续 10 个月以上,包括 5 个干旱年和 9 个涝渍年;有 3 年连续出现持续时间在 10 个月以上的 ENSO 事件,包括 2 个干旱年和 1 个涝渍年。如,1991 年 5 月—1992 年 6 月发生了长达 14 个月的厄尔尼诺事件,导致 1992 年安徽省粮食主产区出现了严重的旱灾,成灾面积达 201 万公顷,成灾率为 24.7%;1976 年 9 月—1977 年 2 月、1977 年 9 月—1978 年 2 月,连续发生了 2 次厄尔尼诺事件,持续时间达 12 个月,导致 1978 年出现了全省性的特大旱灾,成灾面积为 171 万公顷,成灾率为 21.3%。此外有 5 年 ENSO

事件持续时间在10个月以下。

(3) ENSO事件强度与旱、涝渍灾害的关系。统计结果表明,在22个典型旱、涝渍年对应的ENSO事件关系中,有20个典型旱、涝渍年发生在中等强度以上或连续两个弱的ENSO事件中,其中干旱、涝渍年各有10个。如,1998年7月—2000年6月、2000年10月—2011年1月,连续发生2次中等和弱的拉尼娜事件,导致2000年和2001年安徽省江北粮食主产区连续两年出现严重的干旱,成灾面积分别达223万公顷和247万公顷,成灾率分别为26.5%和30.0%;2002年5月—2003年3月发生了中等强度的厄尔尼诺事件,导致2003年出现全省范围内的洪涝灾害,成灾面积为246万公顷,成灾率为29.2%,涝灾成灾面积排在48年来的第二位(1991年的涝灾成灾面积最大)。只有1个典型干旱年和1个典型涝渍年发生在弱的ENSO事件中,导致安徽省部分地区出现旱涝,如1986年的江北干旱和2007年的淮北平原涝灾。

(4) ENSO事件不同位相与旱、涝渍灾害的关系。研究发现,ENSO事件的不同位相、波峰前后与安徽省典型旱、涝渍年存在一定关系。在22个典型旱、涝渍年中,有16年发生在ENSO事件的衰减年,占73%,包括7个干旱年和9个涝渍年;有4年发生在ENSO事件的发展年中,占18%,包括2个干旱年和2个涝渍年;还有2个干旱年未发生在ENSO事件的发展年或衰减年。另外,22个典型旱、涝渍年中有19个发生在ENSO事件的波峰后,占86%,其中有10个干旱年和9个涝渍年;有1个干旱年和2个涝渍年发生在ENSO事件的波峰前,占14%。

2.4 ENSO对安徽粮食作物产量的影响

ENSO通过对气温和降水的影响,导致旱涝灾害频发,进而影响作物生长和产量^[3]。从上文分析可知,ENSO事件的衰减年易导致安徽省发生旱、涝渍灾害。针对安徽省主要粮食作物(小麦、一季稻、玉米),分析ENSO衰减年对安徽省主要粮食作物产量的影响。结果表明,1971—2018年共有15个厄尔尼诺事件衰减年,主要粮食作物以减产为主。其中,小麦和一季稻有10年减产,平均减产率分别为9%和4%;玉米有11年减产,平均减产率为8%。这与旱、涝渍灾害易发生在ENSO衰减年的结论基本一致。

1971—2018年共有12个拉尼娜事件衰减年,其中冬小麦增、减产年份相当,一季稻和玉米则以增产为主,一季稻有9年增产,玉米有7年增产,平均增

产率分别为5%和2%。主要是由于拉尼娜事件虽对安徽省旱灾的发生有一定影响,但旱灾可以通过采取有效措施加以防范和补救,使粮食作物得以恢复生长,对粮食产量的影响不大。拉尼娜年对安徽省涝渍灾害的发生关系不大,在11个典型涝渍年中,只有1972年2月下旬—4月上旬发生的涝渍灾害与拉尼娜事件存在一定的关系,此次涝渍灾害发生在小麦拔节、孕穗阶段,后期通过加强田间管理,降低农田水分,减少了涝渍灾害对小麦产量的影响。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文统计分析了1971—2018年发生的ENSO事件的特征量、不同位相与安徽省旱、涝渍灾害的关系,以及ENSO事件对安徽省主要粮食作物产量的影响。主要结论如下:

(1) 1971—2018年共发生27次ENSO事件,其中厄尔尼诺事件发生15次,拉尼娜事件发生12次。厄尔尼诺事件和拉尼娜事件均发生在春季到秋季(4—10月),结束在初夏之前(1—6月),其峰值大部分出现在冬季(1月和11—12月)。

(2) 1971—2018年安徽省共发生22个典型旱、涝渍年,其中干旱和涝渍各发生11年,平均2~3年出现1次,大多集中在20世纪80年代初到90年代中期,与ENSO事件的发生存在一定的关系。

(3) 干旱发生在厄尔尼诺事件的当年或拉尼娜事件的次年的概率大,厄尔尼诺和拉尼娜事件对干旱的影响概率相当;涝渍灾害发生在厄尔尼诺事件的次年或拉尼娜事件当年的概率较大,且厄尔尼诺事件对涝渍的影响远大于拉尼娜事件的影响。

(4) ENSO事件持续时间越长、强度越大,越易发生旱、涝渍,旱、涝渍灾害易发生在ENSO事件的衰减年或波峰后。

(5) 厄尔尼诺事件的衰减年,主要粮食作物以减产为主;拉尼娜事件的衰减年,小麦增、减产年份相当,而一季稻、玉米则以增产为主。

3.2 讨论

ENSO是热带太平洋地区海气系统年际气候变率的最强信号,是影响我国气候异常的重要因素之一。但是,在不同地区、不同季节、ENSO不同发展阶段,ENSO事件对气候的影响有所差异,也有很多不确定性因素存在^[3]。

安徽省地处南北气候过渡带,地形相对复杂,旱涝灾害的发生还受天气形势、地理位置、地形等多种

因素的影响;作物产量的增减,不仅与气象灾害发生的严重程度有关,还与科技进步、经济投入、政策影响等因素有关。今后将把 ENSO 的特征量作为指标之一,结合其他影响因素,综合分析评估安徽省气象灾害及对粮食作物产量的影响,为防御旱涝灾害和安徽省粮食安全提供保障。

前人关于 ENSO 对我国气温和降水的影响研究较多,且主要集中在 ENSO 对降水和气象灾害的影响方面,而 ENSO 对粮食产量的影响研究相对较少,本文做了初步的探讨,还需作更细致和深层次的研究分析。

ENSO 事件是一种复杂的海气现象,对气候的影响较复杂。如何从致灾因子的角度去分析 ENSO 事件对安徽省气象灾害、作物产量的影响,以及如何从 ENSO 事件的发生和发展中去预测安徽省的气象灾害,还需进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 许武成,王文,马劲松,等. 1951-2007 年的 ENSO 事件及其特征值[J]. 自然灾害学报,2009,18(4):18-24.
- [2] 曾婷,杨东,朱小凡,等. ENSO 事件对安徽省气候变化和旱涝灾害的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(1):215-223.
- [3] 郑冬晓,杨晓光. ENSO 对全球及中国农业气象灾害和粮食产量影响研究进展[J]. 气象与环境科学,2014,37(4):90-101.
- [4] 焦洋,李彦之,田雪珊,等. 全球变暖背景下济南及其周边地区极端温度与降水事件变化分析[J]. 气象与环境科学,2021,44(2):43-52.
- [5] 冀航,刘娟,薛昌颖,等. 近 48 年河南省夏季极端干旱时空分布特征[J]. 气象与环境科学,2022,45(5):8-14.
- [6] 王静,方锋,王素萍,等. 基于概率统计方法的中国农作物生产风险评估[J]. 气象与环境科学,2023,46(2):9-18.
- [7] 陈晓艺,马晓群,姚筠. 安徽省秋季连阴雨发生规律及对秋收秋种的影响[J]. 中国农业气象,2009,30(增 2):210-214.
- [8] 张强,孙鹏,程辰,等. ENSO 影响下安徽省旱涝灾害及农业生产损失时空变化特征[J]. 水资源保护,2016,32(6):6-18.
- [9] 刘凤舞. 安徽省防汛抗旱气象手册[M]. 北京:气象出版社,1998:1-20.
- [10] 安徽省气象志编委会. 安徽省气象志(1986-2005)[M]. 北京:气象出版社,2012:78-89.
- [11] 张爱民,马晓群,杨天明,等. 安徽省旱涝灾害及其对农作物产量影响[J]. 应用气象学报,2007,18(5):619-626.
- [12] Glantz M H. currents of Change: EL Niño's impact on climate and society[M]. London: Cambridge University Press,1996:194.
- [13] 朱益民,杨修群,陈晓颖,等. ENSO 与中国夏季年际气候异常关系的年代际变化[J]. 热带气象学报,2007,23(2):105-116.
- [14] Kiladis G N, van Loon H. The southern oscillation. Part VII: Meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the oscillation[J]. Monthly Weather Review, 1988,116:120-136.
- [15] ENSO 监测小组. 厄尔尼诺事件的划分标准和指数[J]. 气象,1989(3):37-38.
- [16] 杨龙,赵景波. ENSO 事件对河西走廊气候与气候灾害的影响[J]. 干旱区研究,2012,29(6):949-955.
- [17] 盛宇裕,毕硕本,路明月,等. 1951-2011 年 ENSO 事件对秦岭-淮河地区旱涝灾害的影响分析[J]. 河南大学学报:自然科学版,2019,49(4):418-428.
- [18] 张强,姜彤,吴宜进. ENSO 事件对长江上游 1470-2003 年旱涝灾害影响分析[J]. 冰川冻土,2004,26(6):691-696.
- [19] 殷淑燕,任利利,黄春长. ENSO 事件对汉江上游暴雨洪水影响的研究[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(8):1096-1102.
- [20] 罗连升,徐敏,梁树献. 厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水年际关系的稳定性分析[J]. 气象,2018,44(8):1073-1081.
- [21] 任宏利,孙丞虎,任福民,等. GB/T 33666-2017 厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [22] 马晓群,吴文玉,张辉. 农业旱涝指标及在江淮地区监测预警中的应用[J]. 应用气象学报,2009,20(2):186-194.
- [23] 马晓群,马玉平,葛道阔,等. 淮河流域农作物旱涝灾害损失精细化评估[M]. 北京:气象出版社,2016:108-109.
- [24] 马晓群,吴文玉,张辉. 利用累积湿润指数分析江淮地区农业旱涝时空变化[J]. 资源科学,2008,30(3):371-377.
- [25] 陈晓艺,曹雯,王晓东,等. 淮河流域南部作物生长季农业气候资源特征分析[J]. 生态环境学报,2018,27(6):1005-1015.
- [26] 温克刚,翟武全. 中国气象灾害大典安徽卷[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [27] 王胜,田红,谢五三,等. 近 50 年安徽省气候舒适度变化特征及区划研究[J]. 地理科学进展,2012,31(1):40-45.
- [28] 谢五三,田红. 五种干旱指标在安徽省应用研究[J]. 气象,2011,37(4):503-507.
- [29] 刘笑,何学敏,游松财. 1976-2015 年中国主要农业气象灾害的变化特征[J]. 中国农业气象,2017,38(8):481-487.
- [30] 陈晓艺,姚筠,霍彦峰,等. 安徽省主要气象灾害趋势演变及其对粮食总产的影响[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(10):2286-2296.
- [31] 马晓群,陈晓艺. 农作物产量灾害损失评估业务化方法研究[J]. 气象,2005,31(7):72-75.
- [32] 唐晓春,袁中友. 近 60 年来厄尔尼诺事件对广东省旱灾的影响[J]. 地理研究,2010,29(11):1933-1934.

Effects of ENSO Event on Drought and Flood Disasters and Grain Yield in Anhui Province

Chen Xiaoyi^{1,2,3,4}, Yao Yun^{1,2,3,4}, Wang Xiaodong^{3,4,5}, Zhang Hongqun^{1,2,3,4}, Duan Chunfeng^{4,6}

(1. Anhui Institute of Meteorological Sciences, Hefei 230031, China;

2. Anhui Key Laboratory of Atmospheric Science and Satellite Remote Sensing, Hefei 230031, China;

3. Shouxian National Climate Observatory, Shouxian 232200, China;

4. Huaihe River Basin Typical Farm Eco-meteorological Experiment Field of CMA, Shouxian 232200, China;

5. Anhui Agrometeorological Center, Hefei 230031, China;

6. Anhui Climate Center, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to prevent drought and flood disasters and ensure food security, the relationship between ENSO characteristic quantity, different phases and serious drought and flood (waterlog) years and the effects of ENSO on the grain yield in Anhui Province are analyzed by using the comparison method and chi-square χ^2 test method as well as the meteorological data from 78 stations, disaster situation and grain yield data from 1971 to 2018. The results show that: (1) Both El Niño and La Niña events occurred from spring to autumn (April to October), and ended before early summer (January to June), with most peaks appearing in winter (November to the next January). (2) The typical years with drought or flood (waterlog) were 11 respectively. The average occurrence was once every 2–3 years, and most of them occurred from the early 1980s to the mid-1990s. (3) The probability of serious drought was high in the year of EL Niño or the next year after La Niña. The influence of El Niño and La Niña events on drought were similar in Anhui Province. The probability of serious flood (waterlog) was high in the next year after EL Niño or in the year of La Niña, and the impact of EL Niño on flood (waterlog) was far greater than that of La Niña. (4) The longer the duration and the greater the intensity of ENSO, the more likely the drought and flood (waterlog) disasters occurred. Drought and flood (waterlog) disasters were more likely to occur during the damping year of ENSO events and after the peak of ENSO events. (5) The main grain yield was mainly reduced during the damping year of EL Niño. In the damping years of La Niña event, the years with the increase and decrease in winter wheat yield were similar, while the yield of rice and maize was dominant mainly by increasing trends.

Key words: ENSO event; Anhui Province; drought and flood disasters; grain yield