

文章编号: 1674-7054(2022)04-0382-09



两系杂交水稻南繁制种安全敏感期 低温过程的气候特征

吴慧, 陈小敏, 邢彩盈, 朱晶晶, 吴胜安, 胡德强

(海南省气候中心/海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203)

摘要: 为了给两系杂交水稻南繁制种生产安排提供气象参考, 利用海南岛南部4个两系杂交水稻南繁制种市县1961—2020年气象观测站逐日气温资料, 采用线性倾向估计和小波分析方法, 统计分析了这些地区两系杂交水稻制种育性安全敏感期低温过程的气候特征及其变化。结果表明: (1) 4个市县两系杂交水稻制种安全敏感期多年平均低温日数为 $3.6 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$, 低温日数从多到少依次是东方、乐东、陵水、三亚。近60年平均低温日数最多时期主要出现在3月26日和3月17日, 但最近10年主要出现在3月24—26日。(2) 大部分低温过程持续时间为 $3 \sim 7 \text{ d}$, $>10 \text{ d}$ 和 $<3 \text{ d}$ 的低温过程出现概率低, 并且只发生在东方和陵水。(3) 近60年, 低温过程次数、总日数、最长持续时间、出现范围呈现出显著的线性减少、缩短、减小趋势。但2010年以来, 一些年份低温过程次数仍然偏多, 有近半数年份出现了大范围低温过程, 个别年份出现罕见的长时间低温过程。在气候变暖背景下, 近10年部分市县、部分时段低温气候风险由最高等级下降为最低等级。(4) 4个市县年平均低温过程次数、总日数和最长持续时间均具有显著的短周期振荡特征。在南繁水稻制种生产中应充分考虑3月中旬至4月中旬的低温气候风险。

关键词: 两系杂交水稻; 南繁制种; 育性安全敏感期; 低温过程; 气候特征

中图分类号: S 162.5 **文献标志码:** A

引用格式: 吴慧, 陈小敏, 邢彩盈, 等. 两系杂交水稻南繁制种安全敏感期低温过程的气候特征 [J]. 热带生物学报, 2022, 13(4): 382–390. DOI: [10.15886/j.cnki.rdsxb.2022.04.009](https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdsxb.2022.04.009)

两系杂交水稻制种对气象条件依赖性高^[1-3], 其中, 不育系育性敏感期温度是决定水稻不育系育性是否恢复, 即繁殖能否成功最关键的气象指标^[4-7]。根据笔者在三亚等南繁基地的走访调查, 常年3月15日至4月15日是我国南繁水稻两系不育系育性安全敏感期, 若该时期出现连续3 d日平均气温低于 $23 \text{ }^\circ\text{C}$, 或气温小于 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 持续 $12 \sim 24 \text{ h}$, 将对部分两系不育系育性安全造成影响, 进而影响制种种子纯度, 造成公司及制种农户财产损失。前人对海南南繁基地的气象条件进行过一些研究, 如翁锦辉^[8]对三亚市10月至次年4月的农业气候条件进行了初步分析; 陈汇林等^[9]利用海口、琼中、三亚3个国家气象观测站的日照和温度

资料, 初步分析了两系杂交水稻不育系在海南岛北部、中部和南部繁殖的气候适宜性; 肖应辉等^[10]利用陵水和三亚国家气象观测站建站至2000年的资料, 分析了两地杂交水稻不同不育起点温度的水稻低温敏核不育系海南冬季繁殖的安全系数; 陈小敏等^[11]则利用两系杂交水稻不育系育性敏感期和抽穗扬花期的温度指标, 结合综合评价法, 给出海南岛两系杂交水稻南繁的气候适宜性区划图; 姚克敏等^[12]在鉴定‘培矮64s-05’育性指标的基础上, 结合三亚1959—1988年逐日气温、日照资料和生育期预测模型, 给出该品种的最佳抽穗期和播种期决策意见。前人的研究中, 尚未有专门针对南繁4个主要市县水稻两系不育系

收稿日期: 2021-07-20

修回日期: 2022-03-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41765005); 中国气象局创新发展专项(CXFZ2022J052)

第一作者: 吴慧(1970-), 女, 硕士, 研究员级高级工程师. 研究方向: 气候分析和预测. E-mail: wuhui06@163.com

通信作者: 陈小敏(1984-), 女, 硕士, 高级工程师. 研究方向: 农业气候资源分析. E-mail: xiaominc2002@163.com

育性安全敏感期的低温过程的详细分析。笔者利用 1961—2020 年的气象观测资料,研究了海南岛南部 4 个主要的南繁制种市县两系制种育性安全敏感期低温过程的基本气候特征及其变化规律,以期在气候变暖背景下两系杂交水稻不育系南繁的生产安排提供参考,并为下一步的南繁水稻两系繁殖育性转育敏感期的低温过程预测、南繁种业气象灾害风险研究^[13]、以及南繁制种水稻保险^[14-15]的开展提供气候背景资料。

1 材料与方法

1.1 资料来源和处理 本研究所用资料为海南省东方、乐东、陵水和三亚等 4 个国家气象观测站 1961—2020 年的逐日平均气温资料,以及乐东、陵水、三亚的国家气象观测站迁站后在原站址布设的区域自动站建站至 2020 年逐日平均气温资料。资料来源于海南省气象信息中心。由于国家站迁站后的数据与迁站前的数据存在不均一性,故在低温统计时,迁站后的数据用原站址的区域自动站数据代替。

1.2 研究方法 参考在三亚等南繁基地开展气象服务调研时获取的低温致灾阈值,同时考虑到南繁 4 个市县国家气象观测站的气温在更换自动观测仪器之前的很长时间里有的站并没有逐小时观测资料,无法使用气温 < 20 °C 持续 12 ~ 24 h 的指标。因此,定义两系杂交水稻南繁制种安全敏感期低温过程为:3 月 15 日至 4 月 15 日期间,连续 3 d 日平均气温 < 23 °C,或者 1 ~ 2 d 日平均气温 < 20 °C 即为 1 次低温过程。利用 FORTRAN 语言编程统计并分析不同市县两系杂交水稻制种安全敏感期低温过程的气候特征。

两系杂交水稻育性安全敏感期低温气候风险等级参考 GB/T 32779—2016 中的 5 级等级标准(表 1)。具体的计算公式:

$$P = N/L \times 100\%,$$

式中, P 为不育系育性安全敏感期间出现超过临界低温指标气象事件的概率, N 为不育系育性安全敏感期间出现超过临界低温指标气象事件的年数, L 为气候资料总年数。

利用线性倾向估计方法分析低温过程的气候变化趋势^[16]。用 y_i 表示样本为 n 的某气候变量, x_i 表示时间样本序列号,建立一元线性回归方程:

$$y_i = a + bx_i,$$

式中, a 为回归系数, b 为该线性回归中的趋势变化率(气候倾向率),当 $b > 0$ 时表示线性趋势上升,反之表示线性趋势下降。可通过计算 x_i 与 y_i 之间的相关系数来检验该变化趋势是否显著。

表 1 两系杂交水稻制种育性安全敏感期低温气候风险等级

等级/级	指标
1	$P < 0.01\%$
2	$0.01\% \leq P < 3.4\%$
3	$3.4\% \leq P < 5.0\%$
4	$5.0\% \leq P < 10.0\%$
5	$P \geq 10.0\%$

利用小波分析方法^[16]分析低温过程的时频特征。小波分析能够获得低温过程的某个周期在一段时间最为显著,具有良好的时-频分辨性。小波变换公式及其逆变换公式为:

$$W(a,b) = a^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \varphi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt,$$

$$x(t) = \frac{1}{C} \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a^2} W(a,b) \varphi_{a,b}(t) db da,$$

式中, W 为小波变换系数, x 为原序列, φ 为小波基函数, C 为常数, a 为缩放参数, b 为平移参数。本研究使用的小波基函数为 Morlet 小波变换。

2 结果与分析

2.1 时间分布特征 4 个市县两系杂交水稻南繁制种安全敏感期多年平均低温日数为 $3.6 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$ 。从其逐候平均低温日数分布可以看出,3 月第 4 候平均低温日数最多,60 年中共出现了 254 d 低温天气,平均每个市县每年约为 1.1 d,至 3 月第 5 候有所回落,平均为 $0.8 \text{ d} \cdot \text{a}$,3 月第 6 候上升至 $1.0 \text{ d} \cdot \text{a}$,之后迅速回落,4 月第 1 候至第 3 候,从 $0.4 \text{ d} \cdot \text{a}$ 降至 $0.1 \text{ d} \cdot \text{a}$ (表 2)。分市县看,不同市县逐候低温日数的时间分布演变特征相似,但东方的平均低温日数相对最多,其次是乐东,三亚最少,陵水次少。

进一步对 3 月 15 日至 4 月 15 日各市县逐日低温日数的时间分布进行分析,发现近 60 年来,东方、乐东和陵水低温日数的高峰值均出现在 3 月 26 日,次高值一般出现在 3 月 17 日,三亚的高峰值则出现在 3 月 17 日,次高值出现在

表2 南繁4个市县两系杂交水稻制种安全敏感期逐候平均低温日数分布(1961—2020年)

4市县低温日数/d	3月			4月			合计
	第4候	第5候	第6候	第1候	第2候	第3候	
低温总日数	254	189	229	99	70	26	867
年均低温日数	1.1	0.8	1.0	0.4	0.3	0.1	3.6

3月27日。可见对于南繁4个市县来说,3月26日前后和3月17日是低温的高发期。这种时间分布特征还存在明显的年代际变化,最近10年,低温的高发期主要出现在3月下旬,其中,东方、乐东和陵水主要出现在3月24—26日,三亚出现在3月25—28日。

2.2 不同持续时间出现概率 4个市县两系杂交水稻南繁制种安全敏感期历次低温过程持续时间差异大,最短的仅1d,最长的15d。历次过程平

均持续时间东方为5.0d,陵水、三亚、乐东分别为4.3、3.9、4.5d。各地低温持续时间在3~4d之间的概率最大,约占过程总数的50%~80%,其次是持续时间在5~7d之间的概率,约占过程总数的17%~36%。大于10d的长时间低温过程和小于3d的超短低温过程只出现在东方和陵水,出现概率均不足10%(图1)。其中,东方最长低温过程持续15d(出现在1970年和2011年),陵水、三亚和乐东分别为11、7和10d,均出现在2011年。

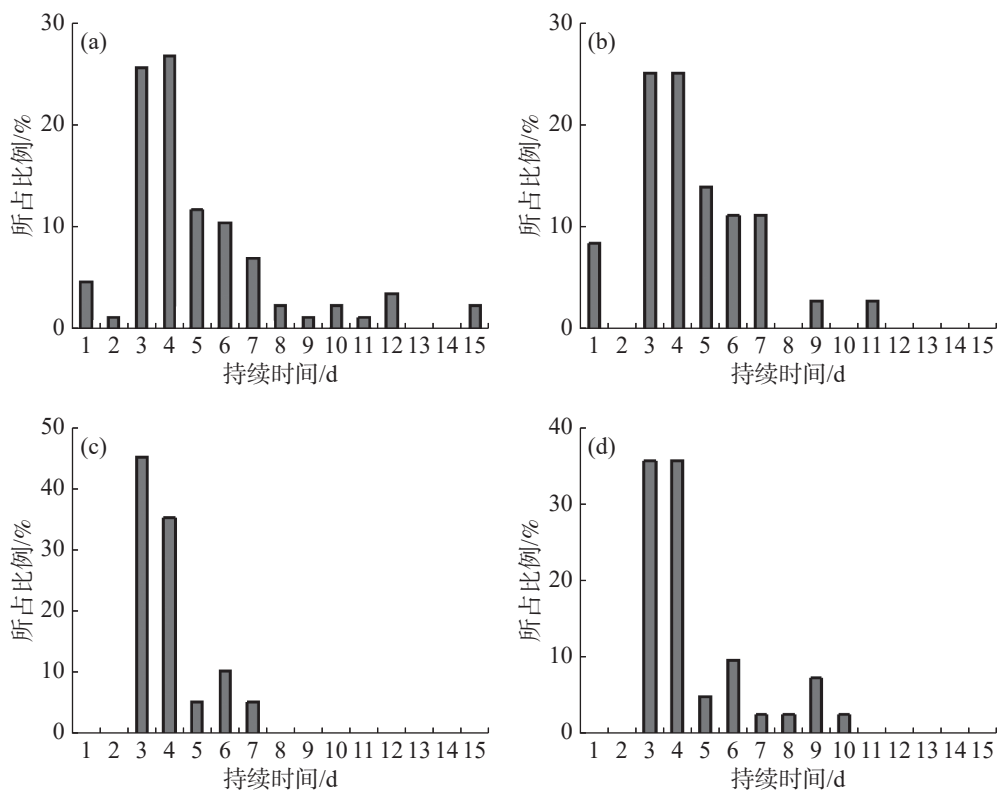


图1 4个市县制种安全敏感期低温过程不同持续持续时间出现概率

a.东方;b.陵水;c.三亚;d.乐东。

2.3 低温过程的气候变化

2.3.1 低温过程次数 1961年以来,4个市县制种安全敏感期低温过程次数有显著的线性变化趋势、年际波动和阶段性变化,且各市县不完全一致。

由图2-a可知,自1961年以来,东方低温过程次数大约以每10年0.2次的速率显著减少($P <$

0.05)。东方低温过程次数最多的年份达到4次(1979、1988、2005年),最少的年份0次,共计11年;从1979—1980年,低温过程次数从4次下降至0次。1961至1988年低温过程次数基本处于偏多阶段,此阶段共有2年出现了4次低温过程、5年出现了3次低温过程,仅有3年未出现低温过

程; 1989—2020年大致处于低温过程次数偏少阶段, 期间仅有1年出现了4次低温过程, 但有8年未出现低温过程。自1961年以来, 陵水低温过程次数以每10年0.2次的速率显著减少 ($P < 0.01$)。低温过程次数最多的年份达3次(1963年和1974年), 最少的年份0次, 共计34年; 其中, 1973—1974年, 低温次数从0次急剧上升至3次。低温过程次数在1961至1985年基本处于偏多阶段, 有7年出现了2~3次低温过程, 有9年无低温过程出现; 1986—2020年基本处于偏少阶段, 仅有1年出现了2次低温过程, 但有25年无低温过程出现(图2-b)。自1961年以来, 三亚低温过程次数以每10年0.1次的速率显著减少 ($P < 0.01$)。低温过程次数最多的年份达3次(1963年), 有45年无低温过程出现; 1963—1964年, 低温过程次数从3次

急剧下降至0次。1961—1985年低温过程次数基本处于偏多阶段, 有3年出现了2~3次低温过程, 8年出现了1次低温过程, 有14年无低温过程出现; 1986—2020年基本处于偏少阶段, 仅有1年出现了2次低温过程, 3年出现了1次低温过程, 但有31年无低温过程出现(图2-c)。自1961年以来, 乐东低温过程次数以每10年0.2次的速率显著减少 ($P < 0.01$)。低温过程次数最多的年份也达3次(1963, 1974), 有近半数年份没有低温过程出现; 1973—1974年, 低温过程次数从0次急剧跃升为3次。1961—1995年基本处于偏多阶段, 35年中有2年出现了3次低温过程、6年出现了2次低温过程, 有10年无低温过程出现; 1996—2020年基本处于偏少阶段, 25年中仅有1年出现了2次低温过程, 但有19年无低温过程出现(图2-d)。

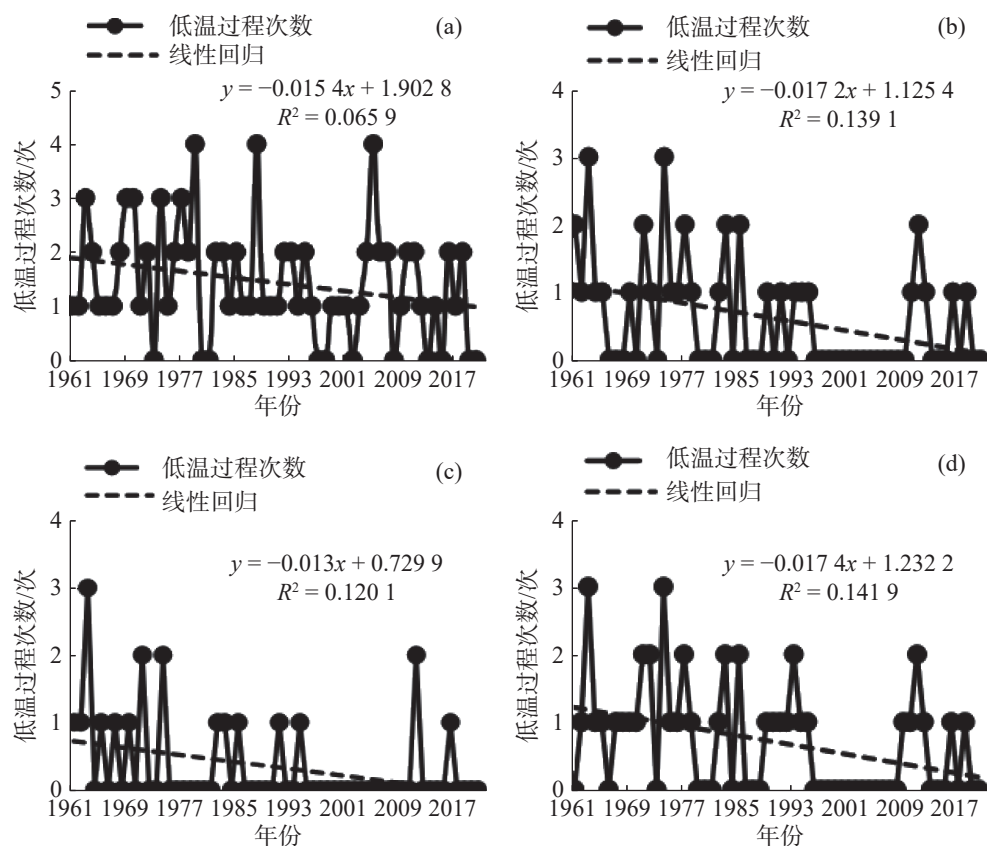


图2 4个市县制种安全敏感期低温过程次数的逐年变化

a. 东方; b. 陵水; c. 三亚; d. 乐东。

2.3.2 低温过程总日数 自1961年以来, 4个市县两系杂交水稻南繁制种安全敏感期低温过程总日数也有显著的线性变化趋势、年际波动和阶段性变化。

东方低温过程总日数以每10年1.0 d的速率

显著减少 ($P < 0.05$)。年低温过程总日数最多的年份达21 d(1970年和2011年), 最少的年份0 d; 从1973—1974年, 低温过程总日数从0 d迅速上升至20 d。与该市低温过程次数的阶段性变化不同的是, 其低温过程总日数在1961—1995年期间大

致处于偏多阶段,有9年出现了14~21 d的低温,3年低温总日数为0 d;1996—2020年低温过程总日数大致处于偏少阶段,仅有2年出现了14 d以上的低温,但有8年低温总日数为0 d(图3-a)。陵水低温过程总日数以每10年减少0.9 d的速率显著减少($P<0.01$)。低温过程总日数最多的年份达18 d(1963年),最少的年份0 d;从1963—1964年,低温过程总日数从18 d急剧下降至4 d。低温过程总日数的阶段性变化与其低温过程次数的阶段性变化相同(图3-b)。三亚低温过程总日数以每10年0.5 d的速率显著减少($P<0.05$)。低温过程总日数最多的年份达11 d(2011年),最少

的年份0 d;2010—2012年,低温过程总日数从0 d急剧上升至11 d再急剧下降至0 d。该市低温过程总日数的阶段性变化与其低温过程次数的阶段性变化相同(图3-c)。乐东的低温过程总日数以每10年0.9 d的速率显著减少($P<0.01$)。低温过程总日数最多的年份达16 d(1974年),最少的年份0 d;1974—1975年,低温过程总日数从16 d急剧下降至0 d。该县低温过程总日数的阶段性变化与其低温过程次数的阶段性变化不同,它大致在1961—1985年期间处于偏多阶段,1986—2020年期间处于偏少阶段(图3-d)。

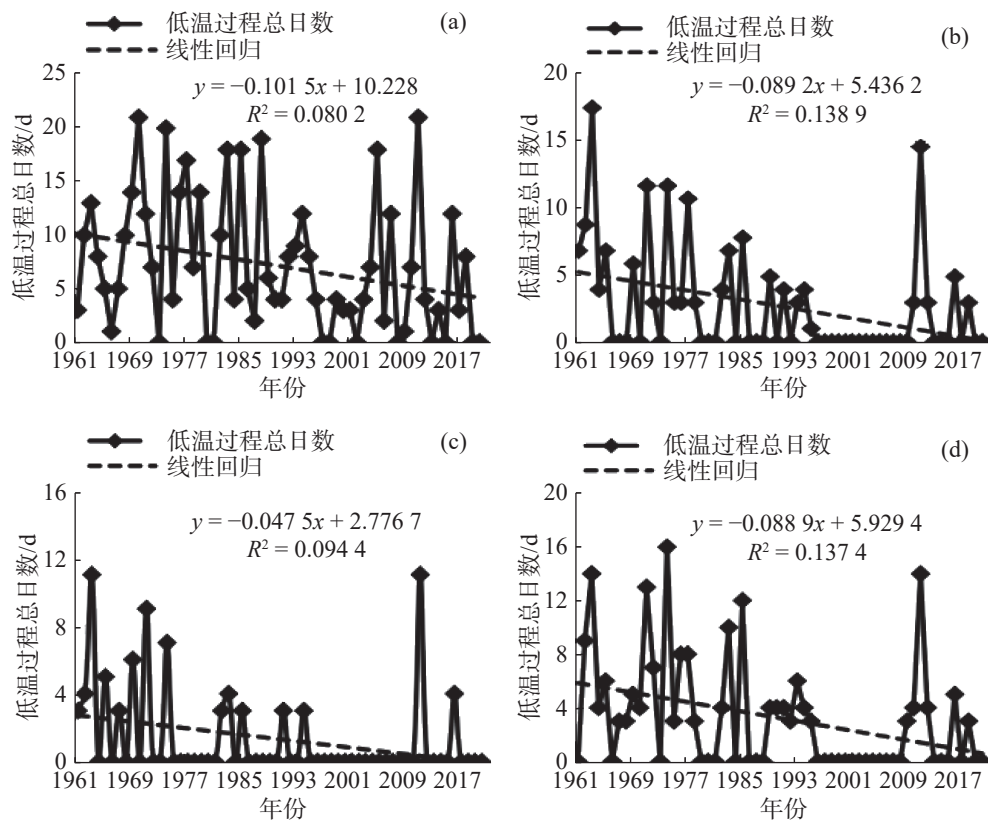


图3 4个市县制种安全敏感期低温过程总日数的逐年变化

a.东方;b.陵水;c.三亚;d.乐东。

2.3.3 低温过程最长持续时间 自1961年以来,4个市县两系杂交水稻南繁制种安全敏感期低温过程最长持续时间也有显著的线性变化趋势、年际波动和阶段性变化。但它们与低温过程次数、总日数的变化各有异同。

东方低温过程最长持续时间以每10年0.7 d的速率显著减少($P<0.01$)。最长低温过程持续时间达到15 d(1970年和2011年);波动最剧烈的年份出现在2010—2012年,低温过程最长持续时间

从4 d增加到15 d再减少到4 d。其阶段性变化与该市低温过程总日数的变化相似,1961—1994年基本处于偏长阶段,1995—2020年基本处于偏短阶段(图4-a)。陵水低温过程最长持续时间以每10年0.6 d的速率显著减少($P<0.01$)。最长低温过程持续时间达11 d(2011年);波动最剧烈的年份与东方相同,其低温过程最长持续时间从2010年的3 d增加到2011年的11 d再减少到2012年的3 d。其阶段性变化与该县低温过程次

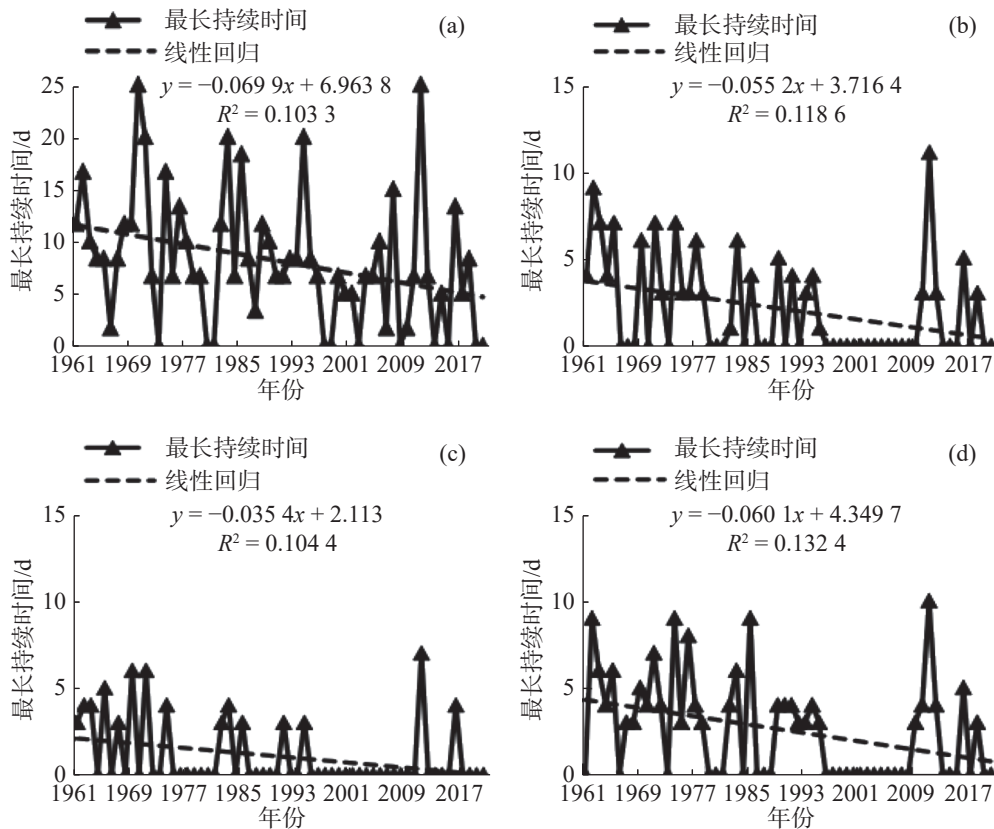


图4 4个市县制种安全敏感期低温过程最长持续时间的逐年变化
a.东方;b.陵水;c.三亚;d.乐东。

数、总日数的阶段性变化不同,1961—1994年和2010—2018年基本处于偏长阶段,1995—2009年则处于偏短阶段(图4-b)。三亚低温过程最长持续时间以每10年0.4 d的速率显著减少($P < 0.01$)。其最长低温过程持续时间达7 d(2011年);波动最剧烈的年份与东方、陵水相同。其阶段性变化与该市低温过程平均持续时间、总次数的阶段性变化不同,1961—1994年为偏长阶段,1995—2020年基本为偏短阶段(图4-c)。乐东低温过程最长持续时间以每10年0.6 d的速率显著减少($P < 0.01$)。其低温过程持续时间最长的年份达10 d(2011年);1973—1974年、1984—1986年波动均较为剧烈。其阶段性变化与东方、三亚的变化相似,1961—1995年基本处于偏长阶段,1996—2020年基本处于偏短阶段(图4-d)。

可见,随着气候变暖,虽然4个市县制种安全敏感期低温过程的次数、总日数和最长持续时间总体均有减少和缩短的趋势,但2010年以来仍然出现平均低温过程次数偏多的气候事件(2010、2011、2016、2018年)和个别突破历史极值的长低温过程气候事件(2011年),对水稻制种产量提升

不利。

2.3.4 低温过程出现范围 以发生低温的站数占总站数的百分比作为低温过程出现范围的度量,发现自1961年以来,4个市县制种安全敏感期低温过程的出现范围总体上呈现线性显著减小趋势($P < 0.001$)。其中,1961—1995年期间基本为范围偏大阶段,1995年之后基本处于范围偏小阶段(图5)。但值得警惕的是,继1996—2009年的小范围低温时期过后,2010年开始的11年中有5年出现了大范围低温过程(百分比 $\geq 75\%$)。

2.3.5 制种育性安全敏感期低温气候风险等级

考虑到目前不育系育性安全敏感期的实际时间为3月15日至4月15日期间的15~20 d,各地开始时间也不完全一致,故逐日滚动统计分析3月15日至4月15日期间,每个15 d的低温气候风险等级。1961—2020年期间,大部分时段4个市县不育系育性安全敏感期的低温气候风险等级均比较高,平均达到5级,仅三亚在3月30日至4月15日期间的3个滑动15 d处于四级风险。在气候变暖背景下,各市县低温气候风险等级总体有减小趋势,最近10年,3月30日至4月15日

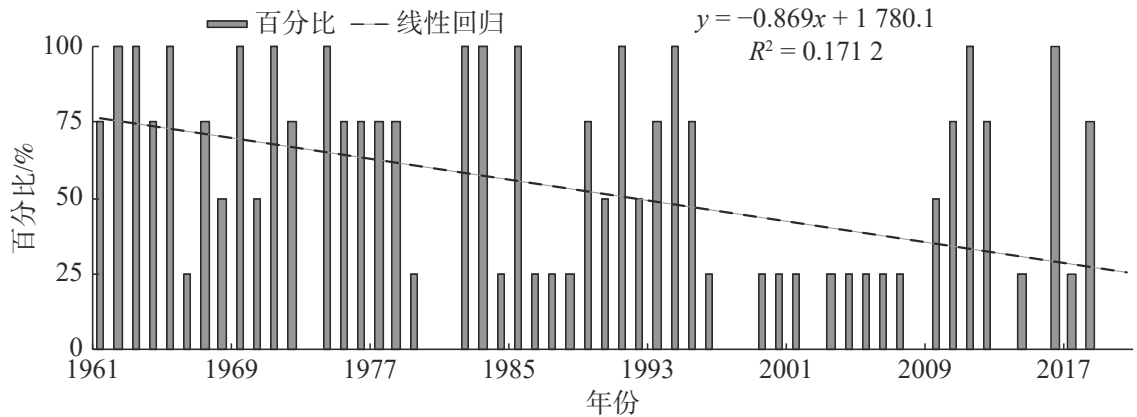


图5 4个市县制种安全敏感期低温过程出现范围的逐年变化

期间三亚和乐东处于1级低气候风险等级,4月1日至15日期间陵水处于1级低气候风险等级,但其余时段、其余市县仍处于5级的高风险等级。

2.3.6 低温过程周期分析 4个市县平均低温过程次数主要在1970年代的前中期和1980年代中期出现准2~3年的显著周期,以及在2006—2014年期间出现准5~7年的显著周期(图6-a)。

4市县平均低温过程总日数主要在1970年代前中期、1980年代中期出现准2~3年的显著周期,在1960年代后期至1970年代后期出现准7~8年的显著周期,在2006—2014年期间出现准4~7年的显著周期(图6-b)。4市县平均低温过程最长时间的周期与4市县平均低温过程总日数的周期相似。

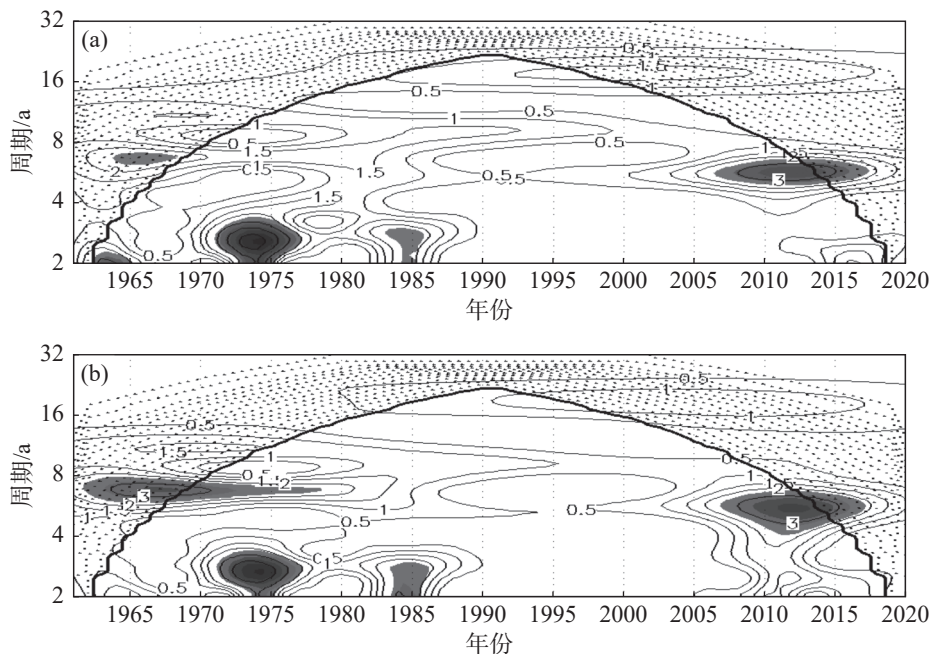


图6 4个市县平均低温过程次数(a)和平均低温过程总日数(b)的小波分析图

图中等值线表示小波功率谱,阴影区表示通过0.05的显著性检验,点虚线区域表示边界效应影响区域。

3 结论

利用海南岛东方、乐东、陵水、三亚4个市县的逐日气象观测站资料,分析了1961—2020年期间南繁水稻两系制种育性安全敏感期低温过程的气候特征及其变化规律,得出如下结论:

(1)南繁4个市县制种安全敏感期多年平均低温日数为 $3.6 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$ 。低温日数从多到少依次是东方、乐东、陵水、三亚。近60年平均低温日数最多时期主要出现在3月4候和3月6候,特别是3月26日前后和3月17日是低温的高发期;但最近10年低温高发期主要出现在3月24—26日。

(2)近 60 年南繁 4 个市县制种安全敏感期低温过程持续 3~4 d 的概率最大, 约占过程总数的 50%~80%, 其次是持续 5~7 d 的概率, 约占过程总数的 17%~36%。大于 10 d 的长低温过程和小于 3 d 的超短低温过程只出现在东方和陵水, 出现概率均不足 10%。

(3)自 1961 年以来, 南繁 4 个市县制种安全敏感期低温过程次数、总日数、最长持续时间、出现范围均具有明显的年际波动和阶段性变化, 并且均呈现出显著的线性减少、缩短、减小趋势。但 2010 年后, 仍然出现若干平均低温过程次数偏多的气候事件和个别突破历史极值的长低温过程气候事件, 有近半数年份出现了大范围低温过程。在气候变暖背景下, 近 10 年部分市县、部分时段两系杂交水稻制种育性安全敏感期低温气候风险由最高等级下降为最低等级。

(4)4 个市县平均低温过程次数、总日数和最长持续时间的显著周期均为 10 年以下的短周期, 主要出现在 1970 年代的前中期、1980 年代中期和 2006—2014 年期间。

(5)在南繁水稻制种生产过程中, 需密切关注制种安全敏感期重要天气气候过程、农业气象灾害监测预警及其变化背景等信息, 尽早采取有效措施, 规避天气和气候变化带来的风险, 提高南繁水稻制种适应天气和气候变化的能力, 实现南繁种业健康持续发展。

参考文献:

- [1] 沈航, 陈娇, 黎佰杨, 等. 低温胁迫对不同杂交水稻组合苗期耐冷性及生理生化指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(12): 59-63.
- [2] 戴扬, 段洪波, 金良, 等. 建设海南两系杂交水稻种子生产基地的可行性、问题与建议[J]. 杂交水稻, 2013, 28(1): 26-29.
- [3] 伍晓玲, 于堃, 罗艳, 等. 安徽省水稻关键生育期低温冷害特征分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(6): 68-71.
- [4] 黄明, 陈立云. 两系杂交水稻制种的安全性问题及其对策[J]. 作物研究, 2006(5): 371-375.
- [5] 徐国华, 张生斌, 杨化龙, 等. 两系杂交稻制种的风险与对策[J]. 种子科技, 2005(1): 7-9.
- [6] 杨俊军, 陈志伟, 唐宏德. 两系杂交水稻新组合 N 两优 1998 南繁高产制种技术[J]. 杂交水稻, 2019, 34(5): 22-24.
- [7] 谭新跃, 陈志伟. 两系杂交水稻 Y 两优 1998 南繁制种技术[J]. 湖南农业科学, 2014(13): 1-2.
- [8] 翁锦辉. 南繁的农业气候条件分析与利用[J]. 广西气象, 2003, 24(2): 21-22.
- [9] 陈汇林, 吴翠玲, 曹兵. 两系杂交水稻不育系南繁气候适应性分析[J]. 广东气象, 2002(2): 47-49.
- [10] 肖应辉, 唐文邦, 罗丽华等. 水稻低温敏核不育系海南冬繁气象条件分析[J]. 杂交水稻, 2007, 22(4): 18-21.
- [11] 陈小敏, 陈汇林, 邹海平, 等. 两系杂交水稻不育系南繁精细化气候区划研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(24): 181-186.
- [12] 姚克敏, 唐世豪, 李继明等. 培矮 64s-05 的育性鉴定及其南繁的气候决策[J]. 作物学报, 1997, 23(2): 208-213.
- [13] 胡雪琼, 刘文英, 张明达, 等. 云南省水稻低温冷害风险研究[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(18): 283-286.
- [14] 吕青, 苏保忠, 王靖, 等. 海南(南繁)水稻制种天气指数保险可行性研究[J]. 农村实用科技信息, 2018, 25(1): 7-11.
- [15] 吕青, 梅子思, 陈玺中, 等. 南繁制种水稻保险现状及对策分析[J]. 科技经济市场, 2018(2): 156-158.
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.

Climatic characteristics of low temperature process during the safe fertility-sensitive period of two-line hybrid rice seed production in Hainan

WU Hui, CHEN Xiaomin, XING Caiying, ZHU Jingjing, WU Shengan, HU Deqiang
(Hainan Climate Center/Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of
Hainan Province, Haikou, Hainan 570203, China)

Abstract: Climatic characteristics and changes of low temperature process during the safe fertility-sensitive period of two-line hybrid rice seed production in four cities in southern Hainan Island were statistically analyzed by using the methods of linear tendency estimation and wavelet analysis based on the daily mean temperature of these areas from 1961 to 2020, so as to provide reference for the arrangement of rice seed production in winter. The results show the annual average number of low-temperature days in the safe fertility-sensitive period of two-line hybrid rice seed production in the four cities is 3.6 days in the descending order of Dongfang > Ledong > Lingshui and Sanya. In recent 60 years, the maximum number of average low temperature days mainly occurred on March 26 and March 17, but in the last 10 years, it mainly occurred from March 24 to 26. The duration of most of the low-temperature processes is 3–7 days. The processes more than 10 days and less than 3 days have low probability, and only occurred in Dongfang and Lingshui. In recent 60 years, the frequency of low temperature processes and total days and maximum duration and occurrence range have showed significant linear reduction and shortening and decreasing trend. However, since 2010, frequency of low-temperature processes in some years is still more than that in normal years, and a large-scale low temperature process occurred in nearly half of the years, and a rare long-time low temperature process occurred in individual years. Under the background of climate warming, the low temperature climate risk has decreased from the highest level to the lowest level in some cities and some periods in recent 10 years. The annual average number of low temperature processes, total days and the longest duration in the four cities have significant characteristics of short-period oscillation. The low temperature climate risk from mid-March to mid-April should be fully considered in rice seed production in winter.

Keywords: two-line hybrid rice; propagation and seed production in winter; safe fertility-sensitive period; low temperature process; climatic characteristics

(责任编辑:刘少军 责任编辑:潘学峰)